

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023年7月20日 (20.07.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/134571 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 7/06 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/070959
- (22) 国际申请日: 2023年1月6日 (06.01.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202210031216.9 2022年1月12日 (12.01.2022) CN
- (71) 申请人: 索尼集团公司 (SONY GROUP CORPORATION) [JP/JP]; 日本东京都港区港南1-7-1, Tokyo 108-0075 (JP)。
- (72) 发明人; 及
- (71) 申请人 (仅对MG): 马可 (MA, Ke) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华大学罗姆楼9-207, Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 张帆 (ZHANG, Fan); 中国北京市海淀区清华大学罗姆楼9-207, Beijing 100084 (CN)。
王昭诚 (WANG, Zhaocheng); 中国北京市海淀区

区清华大学罗姆楼9-302, Beijing 100084 (CN)。
曹建飞 (CAO, Jianfei); 中国北京市朝阳区新源南路1号平安国际金融中心商业栋3层301室, Beijing 100027 (CN)。

(74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW CO., LTD.); 中国北京市朝阳区建国门外大街22号赛特广场7层, Beijing 100004 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: ELECTRONIC DEVICE AND METHOD FOR WIRELESS COMMUNICATION, AND COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 用于无线通信的电子设备和方法以及计算机可读存储介质

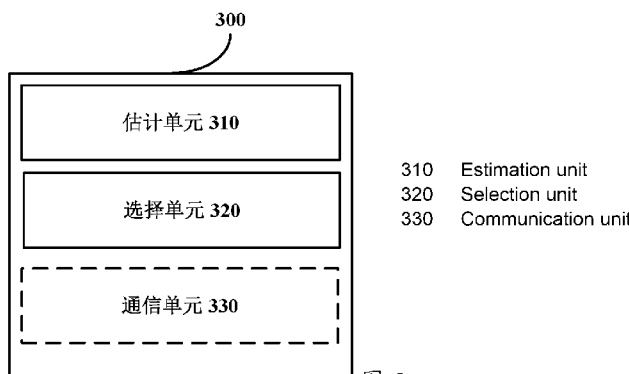


图 3

(57) Abstract: Provided are an electronic device and method for wireless communication, and a computer-readable storage medium. The electronic device may comprise a processing circuit, the processing circuit being configured to: on the basis of a result that candidate beams are previously used to perform beam tracking with respect to another device in communication with the electronic device, estimate a prediction probability that each candidate beam is an optimal beam; and on the basis of the estimated prediction probability, select, from the candidate beams, a measurement beam for beam tracking of next time.

(57) 摘要: 提供了用于无线通信的电子设备和方法以及计算机可读存储介质。电子设备可以包括处理电路, 所述处理电路被配置为: 基于先前使用候选波束关于与所述电子设备通信的另一设备进行波束跟踪的结果, 估计每个候选波束为最优波束的预测概率; 以及基于所估计的预测概率, 在候选波束中选择下一次波束跟踪的测量波束。



WO 2023/134571 A1

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

用于无线通信的电子设备和方法以及计算机可读存储介质

本申请要求于 2022 年 1 月 12 日提交中国专利局、申请号为 202210031216.9、发明名称为“用于无线通信的电子设备和方法以及计算机可读存储介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及无线通信技术领域，更具体地，涉及一种有利于适当确定波束跟踪的测量范围的用于无线通信的电子设备和方法以及计算机可读存储介质。

背景技术

波束赋形技术被广泛地应用于新无线电（New Radio, NR），以补偿高路径损耗，提高接收功率。为支持波束赋形技术，波束管理获取和维护基站端/用户设备端用于上行/下行链路的波束集合。传统波束管理采用波束扫描，即基站端/用户设备端针对所有候选波束进行测量，并选择波束质量最好（例如具有最大参考信号接收功率（Reference Signal Receiving Power, RSRP））的最优波束作为要在数据传输中使用的波束。在候选波束数目较多时，波束扫描开销巨大。

为了降低波束扫描开销，已经提出了波束跟踪技术，该技术在当前采用波束的基础上针对测量范围内的波束（而非全部波束）进行波束质量的测量，从而跟踪（最优）波束的变化。波束跟踪技术的重点之一是确定波束跟踪的测量范围。

发明内容

在下文中给出了关于本公开的简要概述，以便提供关于本公开的某些方面的基本理解。但是，应当理解，这个概述并不是关于本公开的穷举性概述。它并不是意图用来确定本公开的关键性部分或重要部分，也

不是意图用来限定本公开的范围。其目的仅仅是以简化的形式给出关于本公开的某些概念，以此作为稍后给出的更详细描述的前序。

5 本公开的至少一方面的目的是提供一种用于无线通信的电子设备和
方法以及计算机可读存储介质，其利用先前使用各个波束进行波束跟踪
的结果来选择下一次波束跟踪中要使用的波束，从而能够适当确定波束
跟踪的测量范围。

10 根据本公开的一方面，提供了一种电子设备，该电子设备包括处理
电路，该处理电路被配置成：基于先前使用候选波束关于与所述电子设
备通信的另一设备进行波束跟踪的结果，估计每个候选波束为最优波束
的预测概率；以及基于所估计的预测概率，在候选波束中选择下一次波
束跟踪的测量波束。

15 根据本公开的另一方面，还提供了一种用于无线通信的方法，该方
法包括：基于先前使用候选波束关于与电子设备通信的另一设备进行波
束跟踪的结果，估计每个候选波束为最优波束的预测概率；以及基于所
估计的预测概率，在候选波束中选择下一次波束跟踪的测量波束。

根据本公开的另一方面，还提供了一种存储有可执行指令的非暂态
计算机可读存储介质，该可执行指令当由处理器执行时，使得处理器执
行上述用于无线通信的方法或上述电子设备的各个功能。

20 根据本公开的另一方面，还提供了一种用于实现上述根据本公开的方法
的计算机程序代码和计算机程序产品。

根据本公开的实施例的至少一方面，利用先前使用候选波束进行波
束跟踪的结果来估计每个候选波束为最优波束的预测概率并基于这样的
预测概率确定下一次波束跟踪的测量波束，从而能够适当地确定波束跟
踪的测量范围。

25 在下面的说明书部分中给出本公开实施例的其它方面，其中，详细
说明用于充分地公开本公开实施例的优选实施例，而不对其施加限定。

附图说明

30 在此描述的附图只是为了所选实施例的示意的目的而非全部可能的
实施，并且不旨在限制本公开的范围。在附图中：

图 1 是用于说明用户移动导致波束质量变化的示意图；

图 2 是用于说明小区内的不同终端设备的波束切换的示意图；

图 3 是示出根据本公开的实施例的电子设备的配置示例的框图；

5 图 4 是用于说明不同波束的波束质量随终端设备的方位的变化的示意图；

图 5 是用于说明不同波束的波束质量之间的比值随终端设备的方位的变化的示意图；

图 6 是示出了根据本公开的实施例的电子设备的另一配置示例的框图；

10 图 7 是示意性地示出了长短期记忆(Long Short-Term Memory, LSTM)模型的示例结构的示意图；

图 8 是用于说明根据实施例的电子设备的估计单元对预测模型的示例使用的示意图；

15 图 9 是用于说明针对线性天线阵列(Uniform Planar Array, ULA)定义的相邻波束集合的示例的示意图；

图 10 是用于说明针对矩形天线阵列(Uniform Rectangular Array, UPA)定义的相邻波束集合的示例的示意图；

图 11 是示出了根据本公开的实施例的电子设备的又一配置示例的框图；

20 图 12 是用于说明实现在网络侧的电子设备的波束跟踪过程的示例信令交互的流程图；

图 13 是用于说明实现在终端侧的电子设备的波束跟踪过程的示例信令交互的流程图；

25 图 14 和图 15 是用于说明根据本公开的实施例的电子设备的波束跟踪过程的示例仿真结果的示意图；

图 16 是示出根据本公开的实施例的用于无线通信的方法的过程示例的流程图；

图 17 是示出可以应用本公开内容的技术的 eNB 的示意性配置的第一

示例的框图；

图 18 是示出可以应用本公开内容的技术的 eNB 的示意性配置的第二示例的框图；

5 图 19 是示出可以应用本公开内容的技术的智能电话的示意性配置的示例的框图；

图 20 是示出可以应用本公开内容的技术的汽车导航设备的示意性配置的示例的框图。

10 虽然本公开容易经受各种修改和替换形式，但是其特定实施例已作为例子在附图中示出，并且在此详细描述。然而应当理解的是，在此对特定实施例的描述并不打算将本公开限制到公开的具体形式，而是相反地，本公开目的是要覆盖落在本公开的精神和范围之内内的所有修改、等效和替换。要注意的是，贯穿几个附图，相应的标号指示相应的部件。

具体实施方式

15 现在参考附图来更加充分地描述本公开的例子。以下描述实质上只是示例性的，而不旨在限制本公开、应用或用途。

20 提供了示例实施例，以便本公开将会变得详尽，并且将会向本领域技术人员充分地传达其范围。阐述了众多的特定细节如特定部件、装置和方法的例子，以提供对本公开的实施例的详尽理解。对于本领域技术人员而言将会明显的是，不需要使用特定的细节，示例实施例可以用许多不同的形式来实施，它们都不应当被解释为限制本公开的范围。在某些示例实施例中，没有详细地描述众所周知的过程、众所周知的结构和众所周知的技术。

将按照以下顺序进行描述：

- 25
1. 问题的概述
 2. 电子设备的配置示例
 - 2.1 配置示例
 - 2.2 预测单元执行的示例处理
 - 2.3 选择单元执行的示例处理

- 2.4 发送侧（网络侧）实现的电子设备的示例
- 2.5 接收侧（终端侧）实现的电子设备的示例
- 2.6 电子设备的波束跟踪过程的仿真结果

3. 方法实施例

5 4. 应用示例

<1. 问题的概述>

在移动通信中，随着用户移动，用户相对于基站的方位或者基站与终端设备之间的直视（Line of Sight, LOS）径的角度变化，导致所采用的波束的信号质量（本文中也称为波束质量）发生变化。图 1 是用于说明用户移动导致波束质量变化的示意图，其示出了随着用户移动即基站与终端设备之间的 LOS 径的角度的变化而导致的当前采用的角度为 0 度的波束的信号质量（RSRP）的变化。在用户方位变化到一定程度时，当前采用波束已经不是最优波束，需用使用重新确定的最优波束。

实验表明，在直视径场景下，最优的基站波束和终端设备波束趋向于连续变化，在非直视（NON Line of Sight, NLOS）径场景下，最优的基站波束和终端设备波束可能会发生离散跳变，其中终端设备波束相较于基站波束更不稳定。为此，需要持续地进行波束跟踪以确定当前使用的最优波束。现有技术中已经提出了相邻波束跟踪的技术，其周期性地针对当前使用的最优波束（本文中也可称为当前采用波束）附近的一定范围内的波束进行测量。

上述波束跟踪存在一些问题。由于在非直视径场景下波束可能发生离散跳变，因此现有技术中使用当前采用波束附近的固定测量范围内的波束进行波束跟踪的方案可能会在测量范围过小时出现波束跟踪失败的情况，而在测量范围过大时造成不必要的开销。

此外，对于基站侧，为确保波束跟踪成功，其波束跟踪的测量范围是针对整个小区内运动速度最快的终端设备（例如车辆）而确定的。作为示例，参照图 2 所示的用于说明小区内的不同终端设备的波束切换的示意图。如图 2 所示，对于运动速度较高的终端设备即车辆的终端设备，其最优波束从 BM1 切换至 BM4，切换幅度较大，因此需要较大的测量范围；反之，对于运动速度较低的终端设备即行人的终端设备，其最优波

束从 BM2 切换至相邻的 BM3，波束切换幅度较小，因此仅需要较小的测量范围。针对整个小区确定的基站波束跟踪的测量范围对运动速度较慢的终端设备例如行人可能不是必需的。

5 鉴于上述问题，发明人提出了针对与当前电子设备通信的另一设备利用先前波束跟踪的结果动态确定下一次波束跟踪的测量范围，从而可以确定波束跟踪的适当的测量范围。

<2. 电子设备的配置示例>

[2.1 配置示例]

图 3 是示出根据本公开的实施例的电子设备的配置示例的框图。

10 如图 3 所示，电子设备 300 可以包括估计单元 310、选择单元 320 和可选的通信单元 330。

这里，电子设备 300 的各个单元都可以包括在处理电路中。需要说明的是，电子设备 300 既可以包括一个处理电路，也可以包括多个处理电路。进一步，处理电路可以包括各种分立的功能单元以执行各种不同的功能和/或操作。需要说明的是，这些功能单元可以是物理实体或逻辑实体，并且不同称谓的单元可能由同一个物理实体实现。电子设备 300 15 可以是网络侧设备也可以是终端设备，这里不做限制。

根据本公开的实施例，电子设备 300 的估计单元 310 可以基于先前使用候选波束关于例如经由通信单元 330 与该电子设备通信的另一设备 20 进行波束跟踪的结果，估计每个候选波束为最优波束的预测概率。电子设备 300 的选择单元 320 可以基于所估计的预测概率，在候选波束中选择下一次波束跟踪的测量波束。

作为示例，估计单元 310 所使用的波束跟踪的结果可以包括通过波束跟踪获得的与候选波束相对应的信号质量（在本文中也可称为候选波束的波束质量，例如 RSRP）的时间序列数据。 25

一方面，在基站和终端设备的通信中，不同波束的波束质量例如不同波束的波束质量之间的比值能够体现终端设备相对于基站的方位或者基站和终端设备之间的 LOS 径的方位。作为示例，可以参照图 4 和图 5 所示出的用于说明不同波束的波束质量以及不同波束的波束质量之间的 30 比值随终端设备的方位的变化的示意图，其中，图 4 示出了单 LOS 径情

况下不同波束 BM1 至 BM3 的 RSRP 随 LOS 径角度的变化，图 5 示出了单 LOS 径情况下（在相关波束交叠的区域）波束 BM3 与 BM2 的 RSRP 比值以及波束 BM1 与 BM2 的 RSRP 比值随 LOS 径角度的变化。另一方面，在基站和终端设备的通信中，每个波束的波束质量的变化可以体现终端设备相对基站的方位变化，进而体现终端设备的运动特征。例如，如图 1 所示，对于当前采用的角度为 0° 的波束，当用户或终端设备相对于基站的方位接近波束角度时，RSRP 增大；反之，当终端设备相对于基站的方位远离波束角度时，RSRP 减小。

因此，各个候选波束的波束质量的时间序列数据可以体现终端设备相对于基站的方位以及终端设备的运动，而且终端设备在短时间内的运动例如运动速度和方向等具有稳定性，因而可以将上述时间序列数据用于估计每个候选波束为最优波束的预测概率。

电子设备 300 的选择单元 320 可以基于估计单元 310 所估计的预测概率，在候选波束中选择下一次波束跟踪的测量波束。作为示例，选择单元 320 可以通过在候选波束中选择数目尽可能小的、总的预测概率满足预定条件的候选波束，选择所述测量波束。预定条件例如但不限于总的预测概率大于预定阈值等。

根据实施例的电子设备 300 可以应用于发送端的发送波束跟踪或接收端的接收波束跟踪的测量范围的确定。在发送端的发送波束跟踪中，对于波束跟踪的测量范围内的每个发送波束（测量波束），例如可以使用接收波束测量其信号质量（例如 RSRP），并且可以根据所获得的与各个发送波束对应的信号质量在这些发送波束中确定要在数据传输中使用的波束。在发送波束跟踪过程中，可以针对各个发送波束统一使用当前采用的接收波束，也可以针对每个发送波束使用此前的波束配对过程中与该发送波束对应的接收波束，或者采用其他方式确定的适当的接收波束。在接收端的接收波束跟踪中，对于波束跟踪的测量范围内的每个接收波束（测量波束），可以使用该接收波束测量发送波束的信号质量，并且可以根据利用各个接收波束所获得的信号质量（例如 RSRP）在这些接收波束中确定要在数据传输中使用的波束。在接收波束跟踪过程中，优选地针对各个接收波束统一使用当前采用的发送波束，或者采用其他方式确定的适当的发送波束。

当电子设备 300 应用于发送端的发送波束跟踪时，所涉及的候选波

束和测量波束都是指发送波束，而当电子设备 300 应用于接收端的接收波束跟踪时，所涉及的候选波束和测量波束都是指接收波束。不失一般性，本文中，在无需特意区分时，将统一使用候选波束或测量波束的表述。

5 可选地，在一个示例中，电子设备 300 的选择单元 320 还可以被配置为在关于与电子设备通信的另一设备进行首次波束跟踪之前，基于使用候选波束关于该另一设备进行波束扫描的结果，在候选波束中选择首次波束跟踪的测量波束。作为示例，选择单元可以选择波束扫描中的波束质量最好（例如与最高的 RSRP 对应）的那个候选波束作为首次波束跟踪的测量波束。
10

此外，可选地，在一个示例中，电子设备还可以具有波束跟踪的功能。图 6 示出了根据本公开的实施例的电子设备的另一配置示例的框图。如图 6 所示，除了与图 3 的估计单元 310、选择单元 320 和可选的通信单元 330 对应的单元 610、620、630 之外，电子设备 600 还可以包括可选的确定单元 640。注意，电子设备 600 的单元 610、620、630 可以执行与电子设备 300 的对应单元类似的功能，因此，这里仅就其区别即确定单元进行描述。确定单元 640 可以被配置为获得下一次波束跟踪中与每个测量波束相对应的信号质量，并根据所获得的信号质量在测量波束中确定要在数据传输中使用的波束。作为示例，确定单元 640 可以确定波束跟踪中的信号质量最好（例如与最高的 RSRP 对应）的那个测量波束作为要在数据传输中使用的波束。
15
20

根据本实施例，针对与当前电子设备通信的另一设备利用先前波束跟踪的结果动态确定下一次波束跟踪的测量范围，从而可以确定适当的测量范围。例如，由于基于先前的波束跟踪的结果（例如在先的波束跟踪获得的候选波束的波束质量的时间序列数据）以动态方式确定下一次波束跟踪的测量范围而非设置固定的测量范围（例如为降低波束跟踪的开销而设置较小的测量范围），即使在用户运动导致波束跳变的情况下，也有可能适当确定测量范围。此外，当本实施例的电子设备实现在基站侧时，由于其波束跟踪的测量范围是针对与之通信的另一设备即单个的终端设备而非针对整个小区确定的，因此可以针对运动速度较慢的终端设备避免不必要的波束跟踪开销。
25
30

接下来，将进一步描述估计单元和选择单元执行的示例处理。

[2.2 估计单元执行的示例处理]

优选地，本公开实施例的电子设备 300 的估计单元 310 可以被配置为使用预先获得的预测模型来确定候选波束的预测概率，该预测模型是使用波束跟踪的结果的训练数据通过机器学习获得的。

5 如前所述，作为波束跟踪的结果而获得的与候选波束相对应的信号质量（在本文中也可称为候选波束的波束质量）的时间序列数据中，不同波束的波束质量之间的比值可以体现终端设备的方位，每个波束的波束质量的变化可以体现终端设备的运动，从而这样的波束跟踪的结果可以用于估计每个候选波束为最优波束的预测概率。在实际应用中，直接
10 使用波束质量的时间序列数据来估计候选波束为最优波束的预测概率可能准确性受限，因为波束质量之间的比值例如 RSRP 比值受到多径和噪声的干扰，而每个波束的波束质量的变化例如 RSRP 的变化受到大尺度衰落变化、多径和噪声的干扰，无法准确地体现终端设备的方位和运动。

在本优选实施例中，估计单元 310 利用预先使用波束跟踪的结果的训练数据通过机器学习获得的预测模型，以有效地分析不同波束的波束质量之间的比值和每个波束的波束质量的变化，从而准确地提取终端设备的方位特征和运动特征。预测模型的输入可以是先前的波束跟踪获得的与候选波束相对应的信号质量即波束质量的时间序列数据
15 $[\mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \dots, \mathbf{R}_t]$ ，该序列中每个元素 $\mathbf{R}_i, 1 \leq i \leq t$ 为第 i 次波束跟踪的各个候选波束的波束质量即 RSRP， t 为当前波束跟踪的次数。预测模型的输出可以是例如在下一次波束跟踪中每个候选波束为最优波束的预测概率。

预测模型可以包括能够提取时序特征的各种适当模型。例如，预测模型可以包括长短期记忆（LSTM）模型。LSTM 是一种用于提取时序特征的深度学习模型。图 7 示意性地示出了 LSTM 模型的示例结构，图中
25 阴影框内的算符表明其进行的点乘（第一行的左侧算符）和相加（第一行的右侧算符）、正切（ \tanh ）、Sigmoid 函数（ σ ）等运算，这里不再赘述。如图 7 所示，LSTM 模型在当前 t 时刻的输入信息包含（1）上一时刻即（ $t-1$ ）时刻的细胞状态与输出；以及（2）当前 t 时刻的 LSTM 模型的输入。因此，这样模型能够提取时序特征，并且每次使用时只需要从 LSTM
30 模型外部提供当前 t 时刻的输入即可，而无需从 LSTM 外部重复输入此前的输入信息。

作为示例，图 8 示意性地示出了在一个优选实施例中电子设备的估计单元对预测模型的示例使用。如图 8 所示，预测模型 PM 包括 CNN、LSTM、全连接层和 Softmax 层，模型的输入为第 t 次（也可称为当前时刻 t ）波束跟踪的结果例如 RSRP，输出为针对第 $(t+1)$ 次（也可称为下一时刻即 $(t+1)$ 时刻）波束跟踪估计的每个候选波束为最优波束的预测概率。

预测模型 PM 的输入可以是第 t 次波束跟踪中的各个候选波束的 RSRP，其可以是长度为候选波束数目 M 的向量的形式，向量中每个元素对应一个候选波束。对于第 t 次波束跟踪被测量的候选波束即测量波束，在向量的对应索引上为测量得到的 RSRP；对于第 t 次波束跟踪未被测量的波束，在向量的对应索引上为 0。

预测模型 PM 中的 CNN 用于从第 t 次波束跟踪的结果即 RSRP 中提取初步特征。预测模型 PM 中的 LSTM 模型一方面输入 CNN 从第 t 次波束跟踪的结果提取得到的初步特征，另一方面输入其自身在上一次即第 $(t-1)$ 次波束跟踪后的 LSTM 模型的输出和细胞状态。LSTM 模型的关于第 t 次波束跟踪的输出 \mathbf{x} 提供到全连接层。全连接层利用 $\mathbf{y} = \mathbf{W}\mathbf{x} + \mathbf{b}$ 将 LSTM 的输出转变为 \mathbf{y} ，其中， \mathbf{y} 为全连接层输出，其为长度为候选波束数目的向量， \mathbf{W} 和 \mathbf{b} 分别为全连接层的线性权重和偏置。Softmax 层将全连接层的输出转化为候选波束为最优波束的预测概率。Softmax 层表示如下：

$$\text{Softmax}(y_k; y_1, \dots, y_M) = \frac{e^{y_k}}{\sum_{i=1}^M e^{y_i}} \quad \dots \text{ (公式 1)}$$

预测模型 PM 的输出是针对第 $(t+1)$ 次波束跟踪的每个候选波束为最优波束的预测概率 $\{p_1, p_2, \dots, p_M\}$ 。

可以利用预先标注好的训练数据，使用各种适当方式通过训练得到上述预测模型。例如，可以采用交叉熵作为损失函数，采用各种优化器优化模型参数，这里不再赘述。

[2.3 选择单元执行的示例处理]

本公开实施例的电子设备 300 的选择单元 320 可以通过各种示例处理进行测量波束的选择，以在所选择的候选波束的数目尽可能小的情况下，使这些候选波束的总的预测概率满足预定条件。该预定条件例如包

括但不限于总的预测概率大于预定阈值 η 。为了确保波束跟踪成功，可以设置较大的阈值。例如，可以设置 $\eta=0.99$ 。也可以设置 0.9 或 0.95 等阈值，这里不进行特别限制。

(第一示例)

5 在第一示例中，选择单元 320 可以通过在候选波束中选择总的预测概率满足预定条件的、最小数目的候选波束，选择所述测量波束，即确定测量波束集合。

优选地，预定条件可以是总的预测概率大于预定阈值 η 。例如，可通过估计单元获得的 M 个候选波束的预测概率从高到低排序表示为

10 $p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_M}$ ，即

$$\{p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_M}\} = \{p_1, p_2, \dots, p_M\}$$

$$p_{i_1} \geq p_{i_2} \geq \dots \geq p_{i_M} \quad \dots \text{(公式2)}$$

选择单元 320 可以基于概率阈值 η ，以及各个候选波束的预测概率，选择满足下述条件的 N 个候选波束作为下一次波束跟踪的测量波束：

$$\begin{aligned} &\min N \\ &\text{s.t. } \sum_{n=1}^N p_{i_n} \geq \eta \quad \dots \text{(公式3)} \end{aligned}$$

15 备选地，预定条件可以是所选择的候选波束的总的预测概率尽量大而候选波束的数目尽可能小。例如，最小数目 $N1$ 的候选波束的总预测概率 P_{total1} 与次小的数目 $N2$ 的候选波束的总预测概率 P_{total2} 之间的差值小于预定的概率差阈值的情况下，可以选择最小数目 $N1$ 的候选波束作为下一次波束跟踪的测量波束；否则，则选择次小数目 $N2$ 的候选波束作为下一次波束跟踪的测量波束。

20

在第一示例中，可以以单个候选波束为单位改变测量波束的选择。由于每次波束跟踪的测量波束可以以单个波束为粒度改变，因此测量范围可以灵活变化，从而波束跟踪开销更小。

(第二示例)

25 在第二示例中，选择单元320可以通过在多个候选波束集合中选择所包括的候选波束的总的预测概率满足预定条件的、最小的候选波束集合，选择所述测量波束。

优选地，预定条件可以是总的预测概率大于预定阈值 η 。

5 作为示例，选择单元320所考虑的每个候选波束集合可以包括一个或更多个相邻波束集合，每个相邻波束集合以全部候选波束中预测概率最高的最优预测波束为中心，并且包括距最优预测波束预定的波束距离的候选波束，其中，第L个候选波束集合包括波束距离为最小值的相邻波束集合以及波束距离从该最小值依次增加的(L-1)个相邻波束集合，L为大于或等于1的自然数。

例如，可以定义相邻层层数（相邻波束集合的编号或索引） $l, l = 0, 1, 2, 3, \dots$ 以及对应相邻波束集合 B_l ，其中，给定的相邻波束集合内所有候选波束与最优预测波束之间具有相同的波束距离，并且层数低（编号小）的相邻波束集合的上述波束距离小于层数高（编号大）的相邻波束集合的上述波束距离。从第0相邻层开始，定义了与最优预测波束之间的波束距离从小到大的相邻波束集合。第一个候选波束集合 $\mathfrak{B}_1 = \{B_0\}$ 包括与最优预测波束之间的波束距离最小的相邻波束集合，第二个候选波束集合 $\mathfrak{B}_2 = \{B_0, B_1\}$ 包括与最优预测波束之间的波束距离为最小值的相邻波束集合以及波束距离从该最小值增加的(2-1)=1个相邻波束集合，第三个候选波束集合 $\mathfrak{B}_3 = \{B_0, B_1, B_2\}$ 包括与最优预测波束之间的波束距离为最小值的相邻波束集合以及波束距离从该最小值依次增加的(3-1)=2个相邻波束集合，第L个候选波束集合 $\mathfrak{B}_L = \{B_0, B_1, B_2, \dots, B_{L-1}\}$ 包括与最优预测波束之间的波束距离为最小值的相邻波束集合以及波束距离从该最小值依次增加的(L-1)个相邻波束集合, $L = 1, 2, 3, \dots$ 。

例如，选择单元 320 可以基于概率阈值 η 以及各个候选波束集合所包括的相邻波束集合 B_l 中第*i*个候选波束的预测概率 p_i ，选择满足下述条件的第L个候选波束集合 \mathfrak{B}_L 作为下一次波束跟踪的测量波束：

$$\min L$$

$$25 \quad \text{s.t.} \quad \sum_{l=1}^L \sum_{i \in B_l} p_i \geq \eta \quad \dots \text{ (公式 4)}$$

30 替选地，预定条件可以是所选择的候选波束集合的总的预测概率尽量大而候选波束集合尽可能小。例如，最小的第L1个候选波束集合的总预测概率 P_{total1} 与次小的第L2个的候选波束集合的总预测概率 P_{total2} 之间的差值小于预定的概率差阈值的情况下，可以选择第L1个候选波束作为下一次波束跟踪的测量波束；否则，则选择第L2个候选波束作为下一次

波束跟踪的测量波束。

在各个相邻波束集合中，最优预测波束可以是例如通过估计单元所估计的预测概率最大的波束，候选波束与最优预测波束之间的波束距离可以是根据候选波束的方向与最优预测波束的方向之间的差异确定的。

5 例如，对于线性天线阵列（ULA）， M 个候选波束按照方向顺序排序为 $1, 2, \dots, M$ ，则索引为 i 的波束和索引为 j 的波束之间的波束距离定义为 $|i - j|$ ， $|\cdot|$ 表示绝对值，其中， i, j 分别为1到 M 之间的自然数。图9是用于说明针对线性天线阵列（ULA）定义的相邻波束集合的示例的示意图。如图9所示，图中位于中心的候选波束为最优预测波束，根据与该波束的
10 波束距离定义了 $l = 0, 1, 2, 3$ 一共4个相邻层。

对于矩形天线阵列（UPA），各个候选波束按照水平方向顺序排序为 $1, 2, \dots, M_h$ ，按照垂直方向顺序排序为 $1, 2, \dots, M_v$ ，则水平方向索引为 i_h 、垂直方向索引为 i_v 的波束与水平方向索引为 j_h 、垂直方向索引为 j_v 的波束之间的波束距离定义为 $\sqrt{(i_h - j_h)^2 + (i_v - j_v)^2}$ ，其中， i_h, j_h 为1到 M_h 之间的自然数， i_v, j_v 为1到 M_v 之间的自然数。图10是用于说明针对矩形天线阵列（UPA）定义的相邻波束集合的示例的示意图。如图10所示，图中位于中心的候选波束为最优预测波束，根据与该波束的波束距离定义了
15 $l = 0, 1, 2, 3$ 一共4个相邻层。

在第二示例中，可以以候选波束集合为单位改变测量波束的选择。
20 由于候选波束集合可能包括不止一个波束，如果下一次波束跟踪可以沿用上一次波束跟踪的测量波束即候选波束集合，则无需改变波束跟踪的测量范围。因此，可以减少与波束跟踪的测量范围变化相关的信令开销。

以上描述了根据实施例的电子设备及其组成单元的示例处理。接下来，将针对实施例的电子设备实现在发送侧的情况和实现在接收侧的情况描述其进一步的示例配置或示例处理。在以下示例中，以下行场景为例进行描述。由于波束对称性或波束一致性，针对下行场景在发送侧
25 （基站侧）和接收侧（终端侧）进行波束跟踪获得了最佳波束后，可以相应地获得上行场景的最佳波束。此外，基于本公开的内容，本领域技术人员可以将实施例中给出的针对下行场景的示例和处理适当地（例如
30 经由适当变形后）应用于上行场景，这里不再赘述。

[2.4 发送侧实现的电子设备的示例]

在本示例中，例如此前参照图 3 或图 6 描述的电子设备实现在发送侧。此时，例如，候选波束可以是下行参考信号（例如信道状态信息参考信号(Channel State Information Reference Signal, CSI-RS)）的发送波束，并且电子设备可以是网络侧设备，例如基站或 TRP 等，与电子设备通信的另一设备可以是终端设备。可选地，该终端设备也可以具有以上参照图 3 或图 6 描述的电子设备的功能。

在一个优选实施例中，网络侧的电子设备可以为终端设备配置灵活的下行参考信号集合。图 11 示出了根据本公开的实施例的电子设备的又一配置示例的框图。如图 11 所示，除了与图 6 的估计单元 610、选择单元 620 和可选的通信单元 630 和可选的确定单元 640 对应的单元 1110、1120、1130、1140 之外，电子设备 1100 还可以包括可选的配置单元 1150。电子设备 1100 的配置单元 1150 可以被配置为预先生成下行参考信号的资源集合的配置信息，该资源集合中的每个下行参考信号能够被单独发送（该资源集合因此可以称为灵活的资源集合），并且电子设备 1100 可以经由通信单元 1130 向终端设备提供该配置信息。可选地，该资源集合中的每个下行参考信号具有与之对应的发送波束，资源集中的全部下行参考信号的发送波束覆盖了电子设备的所有可能发送波束。

作为示例，配置单元 1150 所配置的灵活的资源集合可以是灵活的 CSI-RS 资源集。传统 CSI-RS 资源集包含的 CSI-RS 资源数目恒定。因此，在使用传统的 CSI-RS 资源集进行发送波束跟踪时，例如当发送波束跟踪的测量波束数目变化时，可能需要配置新的 CSI-RS 资源集。但是，NR 规定用户 CSI-RS 资源集数目上限为 16 个，实施例中的测量波束数目动态变化的波束跟踪可能占用大量的 CSI-RS 资源集。为此，根据本优选实施例的电子设备可以利用配置单元提供灵活的 CSI-RS 资源集，从而可以使用该单个 CSI-RS 资源集支持波束跟踪的测量波束数目发生动态改变的场景。

例如，在使用所配置的灵活的资源集合的情况下，当电子设备 1100 例如经由选择单元 1120 针对下一次波束跟踪与针对前一次波束跟踪选择了不同的下行参考信号或者选择了不同数目的下行参考信号时，可以经由通信单元 1130 向终端设备发送关于针对下一次波束跟踪选择的下行参考信号或选择的下行参考信号的数目的指示。以此方式，电子设备 1100 不必在波束跟踪的测量波束或测量波束的数目改变时配置新的 CSI-RS 资

源集，而只需激活或触发灵活的 CSI-RS 资源集中所选择的 CSI-RS 以发送这些 CSI-RS 即可。

5 接下来，将结合具体示例描述网络侧的电子设备 1100 进行波束跟踪的示例信令流程。图 12 是用于说明实现在网络侧的电子设备的波束跟踪过程的示例信令交互的流程图。在图 12 的示例中，电子设备 1100 实现为基站 BS，与之通信的另一设备为终端设备 UE，并且电子设备可以通过此前在“2.3 选择单元执行的示例处理”中描述的第一示例的测量波束选择方式（以单个波束为单位的测量波束选择）或第二示例的选择测量波束方式（以候选波束集合为单位的测量波束选择）确定测量波束，即
10 确定测量波束的集合，并且可以使用所确定的测量波束集合进行波束跟踪。

如图 12 所示，可选地，在步骤 S1 中，BS 配置灵活的下行参考信号资源集合，例如灵活的 CSI-RS 资源集，其中的每个 CSI-RS 能够被单独发送并且具有与之对应的发送波束，资源集中的全部 CSI-RS 的发送波束
15 覆盖了 BS 的所有可能发送波束。由于本公开的上下文中 CSI-RS 与发送波束的对应关系，在下文中，在无需特意区分的情况下，有时也简单地用所选择的 CSI-RS 指代所选择的发送波束，或者用所选择的发送波束指代所选择的 CSI-RS。

在步骤 S2 中，可选地，BS 配置概率阈值 η_{TRP} 和默认测量波束数目 N_{TRP} /测量波束集合编号 $L_{\text{TRP, dc}}$ ，并确定初始波束跟踪的测量波束集合。
20

在后续要进行以单个候选波束为单位的测量波束选择的情况下，BS 配置 η_{TRP} 和 N_{TRP} ，从而可以确定例如基站端发送波束扫描中的波束质量最好（例如具有最高的 RSRP）的 N_{TRP} 个候选波束（例如对应于 N_{TRP} 个 CSI-RS）作为初始波束跟踪的测量波束集合。

25 在后续要进行以候选波束集合为单位的测量波束选择的情况下，BS 配置 η_{TRP} 和 $L_{\text{TRP, dc}}$ ，从而可以确定例如以基站端发送波束扫描中的波束质量最好（例如具有最高的 RSRP）的发送波束为中心（即，将该发送波束作为最优预测波束而构建）的第 $L_{\text{TRP, dc}}$ 个候选波束集合（并且例如可以相应地确定编号为 $L_{\text{TRP, dc}}$ 的候选 CSI-RS 的集合）作为初始波束跟踪的测
30 量波束（测量 CSI-RS 集合）。

在步骤 S3 中，BS 可以发送（基站）波束跟踪通知至 UE，以提供关

于波束跟踪选择的测量波束即所选择的 CSI-RS 的指示。

在步骤 S4 中，BS 周期性发送所选择的 CSI-RS 至 UE，以供 UE 使用接收波束依次针对每个用作测量波束的 CSI-RS 测量 RSRP。

5 在步骤 S5 中，UE 反馈用作测量波束的的各个 CSI-RS 的 RSRP 至 BS，作为本次的波束跟踪的测量结果。

10 在步骤 S6 中，BS 可以基于所获得的波束跟踪的测量结果，确定采用波束以及下一次波束跟踪的测量波束。这里，在步骤 S2 中 BS 配置了概率阈值和默认的测量波束数目的情况下，在步骤 S6 中以单个候选波束为单位进行测量波束选择；在步骤 S2 中 BS 配置了概率阈值和默认的测量波束集合编号的情况下，在步骤 S6 中以候选波束集合为单位进行测量波束选择，具体选择方式如前所述，不再赘述。

上述步骤 S4 至步骤 S6 可以周期性地执行，直到 BS 在步骤 S6 中确定的测量波束的数目发送变化为止。

15 当 BS 在步骤 S6 中确定的测量波束的数目发送变化时，在步骤 S7 中，BS 发送新的波束跟踪通知至 UE，以提供关于波束跟踪选择的测量波束即所选择的 CSI-RS 的指示。可选地，当在步骤 S6 中确定的测量波束的数目不变、但波束变化时，BS 也可以在步骤 S7 中发送新的基站波束跟踪通知至 UE，以提供关于波束跟踪选择的测量波束即所选择的 CSI-RS 的指示。此后，可以继续与从步骤 S4 开始的类似的处理，这里不再重复。

25 这里，在 UE 侧使用当前接收波束进行每个候选发送波束的信号质量的测量时，步骤 S3 和 S7 中发送的关于波束跟踪选择的 CSI-RS 的指示可以用于指示选择的 CSI-RS 的数目（并且步骤 S7 的指示可以仅在测量波束数目变化时发送），以供 UE 侧了解其需要执行的信号质量的测量的次数。在 UE 侧使用先前获得的与每个发送波束对应的接收波束进行候选发送波束的信号质量的测量时，步骤 S3 和 S7 中发送的关于波束跟踪选择的 CSI-RS 的指示可以用于指示选择的每个 CSI-RS（并且步骤 S7 的指示可以在测量波束变化时发送），以供 UE 侧还了解其需要使用哪个接收波束执行测量。

30 [2.5 接收侧实现的电子设备的示例]

在本示例中，例如此前参照图 3 或图 6 描述的电子设备实现在接收侧。此时，例如，候选波束可以是针对下行参考信号（例如 CSI-RS）的接收波束，并且电子设备可以是终端设备。与电子设备通信的另一设备可以是网络侧设备，例如基站或 TRP 等。可选地，该网络侧设备也可以具有以上参照图 3、图 6、或图 11 描述的电子设备的功能。

在一个优选实施例中，终端侧的电子设备例如可以经由其通信单元从网络侧设备预先获得下行参考信号的资源集合的配置信息，该资源集合中的每个下行参考信号能够被单独发送。该资源集合因此可以称为灵活的资源集合。可选地，该资源集合中的每个下行参考信号具有与之对应的发送波束，资源集中的全部下行参考信号的发送波束覆盖了网络侧设备的所有可能发送波束。

作为示例，这样的灵活的资源集合可以是灵活的 CSI-RS 资源集。传统 CSI-RS 资源集包含的 CSI-RS 资源数目恒定。因此，在使用传统的 CSI-RS 资源集进行接收波束跟踪时，例如当接收波束跟踪的测量波束数目变化时，网络侧设备需要发送与该数目对应的次数或个数的发送波束，从而有可能需要配置新的 CSI-RS 资源集。根据本实施例的电子设备可以使用网络侧配置的灵活的 CSI-RS 资源集，从而可以使用该单个 CSI-RS 资源集支持接收波束跟踪的测量波束数目发生动态改变的场景。

例如，在使用所配置的灵活的资源集合的情况下，当作为终端设备的电子设备例如经由选择单元针对下一次波束跟踪与针对前一次波束跟踪选择了不同数目的接收波束时，可以经由通信单元向网络侧设备发送下一次波束跟踪对下行参考信号的请求。以此方式，在波束跟踪的测量接收波束的数目改变时，网络侧设备不必配置新的 CSI-RS 资源集，而只需激活或触发灵活的 CSI-RS 资源集中所需数目或次数的 CSI-RS 以进行发送即可。

接下来，将结合具体示例描述终端侧的电子设备选择接收波束跟踪的测量波束的示例信令流程。图 13 是用于说明实现在终端侧的电子设备的波束跟踪过程的示例信令交互的流程图。在图 13 的示例中，电子设备实现为终端设备 UE，与之通信的另一设备为基站 BS，并且电子设备可以通过此前在“2.3 选择单元执行的示例处理”中描述的第一示例的测量波束选择方式（以单个波束为单位的测量波束选择）或第二示例的选择测量波束方式（候选波束集合为单位的测量波束选择）确定测量波束，

即确定测量波束的集合，并且可以使用所确定的测量波束集合进行波束跟踪。

如图 13 所示，可选地，在步骤 S1 中，BS 配置灵活的下行参考信号资源集合，例如灵活的 CSI-RS 资源集，其中的每个 CSI-RS 能够被单独发送并且具有与之对应的发送波束，资源集中的全部 CSI-RS 的发送波束覆盖了 BS 的所有可能发送波束。

在步骤 S2 中，可选地，UE 配置概率阈值 η_{UE} 和默认的测量波束数目 N_{UE} /测量波束集合编号 $L_{UE, de}$ ，并确定初始波束跟踪的测量波束。

在后续要进行以单个候选波束为单位的测量波束选择的情况下，UE 配置 η_{UE} 和 N_{UE} ，从而可以确定例如终端侧接收波束扫描中的波束质量最好(具有最高的 RSRP)的 N_{UE} 个候选波束作为初始波束跟踪的测量波束。

在后续要进行以候选波束集合为单位的测量波束选择的情况下，UE 配置 η_{UE} 和 $L_{UE, de}$ ，从而可以确定例如以终端侧接收波束扫描中的波束质量最好(具有最高的 RSRP)的接收波束为中心(即，将该接收波束作为最优预测波束而构建)的第 $L_{UE, de}$ 个候选波束集合作为初始波束跟踪的测量波束。

在步骤 S3 中，UE 可以发送(终端)波束跟踪请求至 BS，以向基站表明波束跟踪对 CSI-RS 的请求。UE 发送的请求可以包括接收波束跟踪的测量波束的数目或者能够用于确定该数目的相关信息(例如但不限于所设置的测量波束数目 N_{UE} /测量波束集合编号 $L_{UE, de}$ 以及集合编号与测量波束的数目的对应关系等)，以供基站侧了解其需要发送的 CSI-RS 的次数或个数。相应地，BS 可以发送与接收波束跟踪的测量波束的数目对应的次数或个数的 CSI-RS，以供 UE 依次利用每个作为测量波束的接收波束针对 BS 发送的 CSI-RS 进行测量。

在可选的步骤 S4 中，BS 可以发送终端波束跟踪资源通知至 UE，指示要用于波束跟踪的 CSI-RS 资源。

在步骤 S5 中，BS 周期性发送所需的 CSI-RS 至 UE，以供 UE 依次利用每个作为测量波束的接收波束测量 CSI-RS 的 RSRP，作为本次的波束跟踪的测量结果。

在步骤 S6 中，UE 可以基于所获得的波束跟踪的测量结果，确定采

用波束以及下一次波束跟踪的测量波束集合。这里，在步骤 S2 中 UE 配置了概率阈值和默认的测量波束数目的情况下，在步骤 S6 中以单个候选波束为单位进行测量波束选择；在步骤 S2 中 UE 配置了概率阈值和默认的测量波束集合编号的情况下，在步骤 S6 中以候选波束集合为单位进行
5 测量波束选择，具体选择方式如前所述，这里不再赘述。

上述步骤 S5 至步骤 S6 可以周期性地执行，直到 UE 在步骤 S6 中确定的测量波束集合中的波束数目发送变化为止。

当 UE 在步骤 S6 中确定的测量波束集合中的波束数目发送变化时，在步骤 S7 中，UE 发送新的终端波束请求通知至 BS，以向基站表明波束
10 跟踪对 CSI-RS 的请求。该请求可以与步骤 S3 中的请求类似。

在可选的步骤 S8 中，BS 发送新的用户波束跟踪资源通知至 UE，指示要用于波束跟踪的 CSI-RS 资源。此后，可以继续与从步骤 S5 开始的处理类似的处理，这里不再重复。

在本示例的另一个优选实施例中，例如此前参照图 6 描述的电子设备 600 实现在接收侧。此时，该电子设备的确定单元 640 除了例如可以通过各种现有测量方式获得下一次波束跟踪中与每个测量波束相对应的信号质量并根据所获得的信号质量在测量波束中确定要在数据传输中使用的波束（采用波束）以外，还可以进一步被配置为测量采用波束的块
15 误码率（Block Error Ratio, BLER），并且在采用波束 BLER 大于所设置的
20 阈值（该阈值例如可以预先通过试验或根据系统需求适当设置）时，向基站发送波束跟踪恢复请求。

可选地，在该实施例中，电子设备还可以利用选择单元或确定单元等确定备用波束，以使用所确定的备用波束进行上行随机接入。作为示例，电子设备可以基于选择单元为波束跟踪所选择的测量波束即测量波束集合，确定备用波束，例如，可以将测量波束集合中除了采用波束以
25 外的其他测量波束作为备用波束。

作为示例，在电子设备的选择单元已经针对波束跟踪以单个波束为单位选择了总的预测概率高于预定阈值的、最小数目的测量波束作为波束跟踪的测量波束即测量波束集合的情况下，电子设备可以例如经由确定单元确定该测量波束集合中除了已经被确定为采用波束的那个波束以
30 外、预测概率最大的测量波束作为备用波束。类似地，在电子设备的选择

择单元已经针对波束跟踪以候选波束集合为单位选择了总的预测概率高于预定阈值的、最小的候选波束集合作为波束跟踪的测量波束即测量波束集合的情况下，电子设备可以例如经由确定单元确定该测量波束集合中除了已经被确定为采用波束的那个波束以外、预测概率最大的测量波束作为备用波束。替选地，电子设备也可以基于额外的波束测量来确定备用波束。如果使用所确定的备用波束进行上行随机接入失败，则作为终端的电子设备与基站进行链路恢复。

[2.6 仿真结果]

接下来，将结合图 14 和图 15 描述利用本公开的实施例的电子设备进行波束跟踪的仿真结果，图 14 和图 15 是用于说明根据本公开的实施例的电子设备的波束跟踪过程的示例仿真结果的示意图，其分别示出了波束跟踪过程的准确率和测量波束的数目。

在仿真示例中，例如图 6 所示的电子设备 600 实现在网络侧例如基站端以关于指定终端设备进行基站发送波束的波束跟踪，其例如利用此前参照图 8 描述的预测模型进行以候选波束集合为单位的、波束跟踪的测量波束集合的选择，并通过波束跟踪在测量波束集合中确定采用波束。仿真场景考虑 LOS 环境，小区半径为 100m，终端设备仅配置单天线，并且终端设备最大运动速度为 30m/s，其运动方向在 $[0, 2\pi]$ 中随机生成，采用现有的 COST 2100 无线信道模型产生信道数据。

仿真参数如表 1 所示。

中心频率	28GHz
基站端的电子设备的天线数目	64 (ULA)
基站端的电子设备的波束数目	64
带宽	200MHz
波束跟踪周期	40ms
波束跟踪总时长	500ms

表 1 仿真参数

在仿真示例中，采用准确率和波束跟踪的（平均）测量波束数目作为波束跟踪过程的评价指标。假设所有用于评估的样本数目为 N_1 ，其中波束跟踪得到的采用波束为最优波束的样本数目为 N_2 ，准确率 Accuracy 表示为

$$\text{Accuracy} = \frac{N_2}{N_1} \quad \dots \text{ (公式5)}$$

不同概率阈值 η 下波束跟踪准确率如图 14 所示。可以看到，在所有仿真采用的 η 下，准确率达到 85%以上。 $\eta = 0.99$ 时，准确率达到 99%，几乎实现完美的波束对准。在波束跟踪开始时，准确率随时间有所下降，这是因为波束跟踪仅测量一部分波束，可能会带来跟踪失败。但是，0.2s 以后准确率有所上升，这是因为预测模型从一段时间以来的波束跟踪 RSRP 中已经较为准确地提取用户运动特征。

不同概率阈值 η 下波束跟踪的（平均）测量波束数目如图15所示，其中初始测量波束数目设置为7。可以看到，随着时间增加，测量波束数目逐渐降低，这是因为预测模型从一段时间以来的波束跟踪 RSRP 中已经较为准确地提取用户运动特征。在0.2s之后，本公开的实施例的电子设备平均仅需测量三个以下波束。

<3. 方法实施例>

与上述装置实施例相对应的，本公开提供了以下方法实施例。

图 16 是示出根据本公开的实施例的用于无线通信的方法的过程示例的流程图。

如图 16 所示，在步骤 S1601 中，基于先前使用候选波束关于与电子设备通信的另一设备进行波束跟踪的结果，估计每个候选波束为最优波束的预测概率。

接下来，在步骤 S1602 中，基于所估计的预测概率，在候选波束中选择下一次波束跟踪的测量波束。

可选地，步骤 S1601 中使用的波束跟踪的结果包括通过波束跟踪获得的与候选波束相对应的信号质量的时间序列数据。例如，可选地，在步骤 S1601 中，可以使用预先获得的预测模型来确定候选波束的预测概率，所述预测模型是使用波束跟踪的结果的训练数据通过机器学习获得

的。

可选地，在步骤 S1602 中，可以通过在候选波束中选择总的预测概率满足预定条件的、最小数目的候选波束，选择所述测量波束。备选地，也可以通过在多个候选波束集合中选择所包括的候选波束的总的预测概率满足预定条件的、最小的候选波束集合，选择所述测量波束。作为示

5 例，所述预定条件可以包括总的预测概率大于预定阈值。

在基于候选波束集合进行测量波束的选择时，每个候选波束集合可以包括一个或更多个相邻波束集合，每个相邻波束集合以全部候选波束中预测概率最高的最优预测波束为中心，并且包括距最优预测波束预定的波束距离的候选波束，其中，第 L 个候选波束集合包括所述波束距离为最小值的相邻波束集合以及所述波束距离从该最小值依次增加的 (L-1) 个相邻波束集合，L 为大于或等于 1 的自然数。作为示例，候选波束与最优预测波束之间的距离可以是根据候选波束的方向与最优预测波束的方向之间的差异确定的。

10

尽管图中未示出，但该方法还可以包括：获得下一次波束跟踪中与每个测量波束相对应的信号质量，并根据所获得的信号质量在测量波束中确定要在数据传输中使用的波束。

15

此外，尽管图中未示出，但该方法还可以包括：在关于所述另一设备进行首次波束跟踪之前，基于使用候选波束关于所述另一设备进行波束扫描的结果，在候选波束中选择首次波束跟踪的测量波束。

20

在一个实施例中，如图 16 所示的用于无线通信的方法可以应用于下行场景下的发送端即网络侧。

在这种情况下，候选波束可以是下行参考信号的发送波束，并且所述电子设备是可以网络侧设备。

此时，尽管图中未示出，但本实施例中的方法还可以包括：为所述另一设备预先提供下行参考信号的资源集合的配置信息，所述资源集中的每个下行参考信号能够被单独发送。可选地，该方法还可以包括：当针对下一次波束跟踪与针对前一次波束跟踪选择不同数目的下行参考信号时，向所述另一设备发送关于针对下一次波束跟踪选择的下行参考信号的数目的指示。备选地，该方法还可以包括：当针对下一次波束跟踪与针对前一次波束跟踪选择不同的下行参考信号时，向所述另一设备

25

30

发送关于针对下一次波束跟踪选择的下行参考信号的指示。

在另一个实施例中，如图 16 所示的用于无线通信的方法可以应用于下行场景下的接收端即终端侧。

在这种情况下，候选波束可以是针对下行参考信号的接收波束，并且所述电子设备可以是终端设备。

此时，尽管图中未示出，但本实施例中的方法还可以包括：从网络侧设备预先获得下行参考信号的资源集合的配置信息，所述资源集合中的每个下行参考信号能够被单独发送。可选地，该方法还可以包括：当针对下一次波束跟踪与针对前一次波束跟踪选择不同数目的接收波束时，向网络侧设备发送下一次波束跟踪对下行参考信号的请求。可选地，该方法还可以包括：从网络侧设备接收响应于所述请求而发送的关于下一次波束跟踪要使用的下行参考信号的指示。

根据本公开的实施例，执行上述方法的主体可以是根据本公开的实施例的电子设备 300、600 或 1100，因此前文中关于电子设备 300、600、1100 的全部实施例均适用于此。

<4. 应用示例>

本公开内容的技术能够应用于各种产品。

例如，当电子设备实现在网络侧时，该电子设备可以被实现为任何类型的基站设备，诸如宏 eNB 和小 eNB，还可以被实现为任何类型的 gNB（5G 系统中的基站）。小 eNB 可以为覆盖比宏小区小的小区的 eNB，诸如微微 eNB、微 eNB 和家庭（毫微微）eNB。代替地，基站可以被实现为任何其他类型的基站，诸如 NodeB 和基站收发台（BTS）。基站可以包括：被配置为控制无线通信的主体（也称为基站设备）；以及设置在与主体不同的地方的一个或多个远程无线头端（RRH）。

另外，网络侧的电子设备还可以被实现为任何类型的 TRP。该 TRP 可以具备发送和接收功能，例如可以从用户设备和基站设备接收信息，也可以向用户设备和基站设备发送信息。在典型的示例中，TRP 可以为用户设备提供服务，并且受基站设备的控制。进一步，TRP 可以具备与基站设备类似的结构，也可以仅具备基站设备中与发送和接收信息相关的结构。

当电子设备实现在终端设备时，该电子设备可以为各种用户设备，其可以被实现为移动终端（诸如智能电话、平板个人计算机（PC）、笔记本式 PC、便携式游戏终端、便携式/加密狗型移动路由器和数字摄像装置）或者车载终端（诸如汽车导航设备）。用户设备还可以被实现为执行机器对机器（M2M）通信的终端（也称为机器类型通信（MTC）终端）。此外，用户设备可以为安装在上述用户设备中的每个用户设备上的无线通信模块（诸如包括单个晶片的集成电路模块）。

[关于基站的应用示例]

（第一应用示例）

10 图 17 是示出可以应用本公开内容的技术的 eNB 的示意性配置的第一示例的框图。eNB 1800 包括一个或多个天线 1810 以及基站设备 1820。基站设备 1820 和每个天线 1810 可以经由 RF 线缆彼此连接。

15 天线 1810 中的每一个均包括单个或多个天线元件（诸如包括在多输入多输出（MIMO）天线中的多个天线元件），并且用于基站设备 1820 发送和接收无线信号。如图 17 所示，eNB 1800 可以包括多个天线 1810。例如，多个天线 1810 可以与 eNB 1800 使用的多个频带兼容。虽然图 17 示出其中 eNB 1800 包括多个天线 1810 的示例，但是 eNB 1800 也可以包括单个天线 1810。

20 基站设备 1820 包括控制器 1821、存储器 1822、网络接口 1823 以及无线通信接口 1825。

25 控制器 1821 可以为例如 CPU 或 DSP，并且操作基站设备 1820 的较高层的各种功能。例如，控制器 1821 根据由无线通信接口 1825 处理的信号中的数据来生成数据分组，并经由网络接口 1823 来传递所生成的分组。控制器 1821 可以对来自多个基带处理器的数据进行捆绑以生成捆绑分组，并传递所生成的捆绑分组。控制器 1821 可以具有执行如下控制的逻辑功能：该控制诸如为无线资源控制、无线承载控制、移动性管理、接纳控制和调度。该控制可以结合附近的 eNB 或核心网节点来执行。存储器 1822 包括 RAM 和 ROM，并且存储由控制器 1821 执行的程序和各種类型的控制数据（诸如终端列表、传输功率数据以及调度数据）。

30 网络接口 1823 为用于将基站设备 1820 连接至核心网 1824 的通信接口。控制器 1821 可以经由网络接口 1823 而与核心网节点或另外的 eNB

进行通信。在此情况下，eNB 1800 与核心网节点或其他 eNB 可以通过逻辑接口（诸如 S1 接口和 X2 接口）而彼此连接。网络接口 1823 还可以为有线通信接口或用于无线回程线路的无线通信接口。如果网络接口 1823 为无线通信接口，则与由无线通信接口 1825 使用的频带相比，网络接口 5 1823 可以使用较高频带用于无线通信。

无线通信接口 1825 支持任何蜂窝通信方案（诸如长期演进（LTE）和 LTE-先进），并且经由天线 1810 来提供到位于 eNB 1800 的小区中的终端的无线连接。无线通信接口 1825 通常可以包括例如基带（BB）处理器 1826 和 RF 电路 1827。BB 处理器 1826 可以执行例如编码/解码、调制 /解调以及复用/解复用，并且执行层（例如 L1、介质访问控制（MAC）、无线链路控制（RLC）和分组数据汇聚协议（PDCP））的各种类型的信号处理。代替控制器 1821，BB 处理器 1826 可以具有上述逻辑功能的一部分或全部。BB 处理器 1826 可以为存储通信控制程序的存储器，或者为包括被配置为执行程序的处理器和相关电路的模块。更新程序可以使 10 BB 处理器 1826 的功能改变。该模块可以为插入到基站设备 1820 的槽中的卡或刀片。可替代地，该模块也可以为安装在卡或刀片上的芯片。同时，RF 电路 1827 可以包括例如混频器、滤波器和放大器，并且经由天线 1810 来传送和接收无线信号。

如图 17 所示，无线通信接口 1825 可以包括多个 BB 处理器 1826。 20 例如，多个 BB 处理器 1826 可以与 eNB 1800 使用的多个频带兼容。如图 17 所示，无线通信接口 1825 可以包括多个 RF 电路 1827。例如，多个 RF 电路 1827 可以与多个天线元件兼容。虽然图 17 示出其中无线通信接口 1825 包括多个 BB 处理器 1826 和多个 RF 电路 1827 的示例，但是无线通信接口 1825 也可以包括单个 BB 处理器 1826 或单个 RF 电路 25 1827。

在图 17 所示的 eNB 1800 中，此前参照图 3、图 6、图 11 描述的电子设备 300、600、1100 中的通信单元可以通过无线通信接口 1825 以及可选的天线 1810 实现。电子设备 300、600、1100 中的估计单元和选择单元、电子设备 600 和 1100 中的确定单元、电子设备 1100 中的配置单元的功能可以通过控制器 1821 实现。例如，控制器 1821 可以通过执行 30 存储器 1822 中存储的指令而实现估计单元、选择单元、确定单元、和/或配置单元的功能。

(第二应用示例)

图 18 是示出可以应用本公开内容的技术的 eNB 的示意性配置的第二示例的框图。eNB 1930 包括一个或多个天线 1940、基站设备 1950 和 RRH 1960。RRH 1960 和每个天线 1940 可以经由 RF 线缆而彼此连接。基站设备 1950 和 RRH 1960 可以经由诸如光纤线缆的高速线路而彼此连接。

天线 1940 中的每一个均包括单个或多个天线元件 (诸如包括在 MIMO 天线中的多个天线元件) 并且用于 RRH 1960 发送和接收无线信号。如图 18 所示, eNB 1930 可以包括多个天线 1940。例如, 多个天线 1940 可以与 eNB 1930 使用的多个频带兼容。虽然图 18 示出其中 eNB 1930 包括多个天线 1940 的示例, 但是 eNB 1930 也可以包括单个天线 1940。

基站设备 1950 包括控制器 1951、存储器 1952、网络接口 1953、无线通信接口 1955 以及连接接口 1957。控制器 1951、存储器 1952 和网络接口 1953 与参照图 17 描述的控制器 1821、存储器 1822 和网络接口 1823 相同。

无线通信接口 1955 支持任何蜂窝通信方案 (诸如 LTE 和 LTE-先进), 并且经由 RRH 1960 和天线 1940 来提供到位于与 RRH 1960 对应的扇区中的终端的无线通信。无线通信接口 1955 通常可以包括例如 BB 处理器 1956。除了 BB 处理器 1956 经由连接接口 1957 连接到 RRH 1960 的 RF 电路 1964 之外, BB 处理器 1956 与参照图 17 描述的 BB 处理器 1826 相同。如图 18 所示, 无线通信接口 1955 可以包括多个 BB 处理器 1956。例如, 多个 BB 处理器 1956 可以与 eNB 1930 使用的多个频带兼容。虽然图 18 示出其中无线通信接口 1955 包括多个 BB 处理器 1956 的示例, 但是无线通信接口 1955 也可以包括单个 BB 处理器 1956。

连接接口 1957 为用于将基站设备 1950 (无线通信接口 1955) 连接至 RRH 1960 的接口。连接接口 1957 还可以为用于将基站设备 1950 (无线通信接口 1955) 连接至 RRH 1960 的上述高速线路中的通信的通信模块。

RRH 1960 包括连接接口 1961 和无线通信接口 1963。

连接接口 1961 为用于将 RRH 1960 (无线通信接口 1963) 连接至基站设备 1950 的接口。连接接口 1961 还可以为用于上述高速线路中的通信的通信模块。

无线通信接口 1963 经由天线 1940 来传送和接收无线信号。无线通信接口 1963 通常可以包括例如 RF 电路 1964。RF 电路 1964 可以包括例如混频器、滤波器和放大器,并且经由天线 1940 来传送和接收无线信号。如图 18 所示,无线通信接口 1963 可以包括多个 RF 电路 1964。例如,多个 RF 电路 1964 可以支持多个天线元件。虽然图 18 示出其中无线通信接口 1963 包括多个 RF 电路 1964 的示例,但是无线通信接口 1963 也可以包括单个 RF 电路 1964。

在图 18 所示的 eNB 1930 中,此前参照图 3、图 6、图 11 描述的电子设备 300、600、1100 中的通信单元例如可以通过无线通信接口 1963 以及可选的天线 1940 实现。电子设备 300、600、1100 中的估计单元和选择单元、电子设备 600 和 1100 中的确定单元、电子设备 1100 中的配置单元的功能可以通过控制器 1951 实现。例如,控制器 1951 可以通过执行存储器 1952 中存储的指令而实现估计单元、选择单元、确定单元、和/或配置单元的功能。

[关于用户设备的应用示例]

(第一应用示例)

图 19 是示出可以应用本公开内容的技术的智能电话 2000 的示意性配置的示例的框图。智能电话 2000 包括处理器 2001、存储器 2002、存储装置 2003、外部连接接口 2004、摄像装置 2006、传感器 2007、麦克风 2008、输入装置 2009、显示装置 2010、扬声器 2011、无线通信接口 2012、一个或多个天线开关 2015、一个或多个天线 2016、总线 2017、电池 2018 以及辅助控制器 2019。

处理器 2001 可以为例如 CPU 或片上系统 (SoC),并且控制智能电话 2000 的应用层和另外层的功能。存储器 2002 包括 RAM 和 ROM,并且存储数据和由处理器 2001 执行的程序。存储装置 2003 可以包括存储介质,诸如半导体存储器和硬盘。外部连接接口 2004 为用于将外部装置 (诸如存储卡和通用串行总线 (USB) 装置) 连接至智能电话 2000 的接口。

摄像装置 2006 包括图像传感器 (诸如电荷耦合器件 (CCD) 和互补金属氧化物半导体 (CMOS)),并且生成捕获图像。传感器 2007 可以包括一组传感器,诸如测量传感器、陀螺仪传感器、地磁传感器和加速度

5 传感器。麦克风 2008 将输入到智能电话 2000 的声音转换为音频信号。输入装置 2009 包括例如被配置为检测显示装置 2010 的屏幕上的触摸的触摸传感器、小键盘、键盘、按钮或开关，并且接收从用户输入的操作或信息。显示装置 2010 包括屏幕（诸如液晶显示器（LCD）和有机发光二极管（OLED）显示器），并且显示智能电话 2000 的输出图像。扬声器 2011 将从智能电话 2000 输出的音频信号转换为声音。

10 无线通信接口 2012 支持任何蜂窝通信方案（诸如 LTE 和 LTE-先进），并且执行无线通信。无线通信接口 2012 通常可以包括例如 BB 处理器 2013 和 RF 电路 2014。BB 处理器 2013 可以执行例如编码/解码、调制/解调以及复用/解复用，并且执行用于无线通信的各种类型的信号处理。同时，RF 电路 2014 可以包括例如混频器、滤波器和放大器，并且经由天线 2016 来传送和接收无线信号。无线通信接口 2012 可以为其上集成有 BB 处理器 2013 和 RF 电路 2014 的一个芯片模块。如图 19 所示，无线通信接口 2012 可以包括多个 BB 处理器 2013 和多个 RF 电路 2014。虽然图 19 示出其中无线通信接口 2012 包括多个 BB 处理器 2013 和多个 RF 电路 2014 的示例，但是无线通信接口 2012 也可以包括单个 BB 处理器 2013 或单个 RF 电路 2014。

20 此外，除了蜂窝通信方案之外，无线通信接口 2012 可以支持另外类型的无线通信方案，诸如短距离无线通信方案、近场通信方案和无线局域网（LAN）方案。在此情况下，无线通信接口 2012 可以包括针对每种无线通信方案的 BB 处理器 2013 和 RF 电路 2014。

天线开关 2015 中的每一个在包括在无线通信接口 2012 中的多个电路（例如用于不同的无线通信方案的电路）之间切换天线 916 的连接目的地。

25 天线 2016 中的每一个均包括单个或多个天线元件（诸如包括在 MIMO 天线中的多个天线元件），并且用于无线通信接口 2012 传送和接收无线信号。如图 19 所示，智能电话 2000 可以包括多个天线 2016。虽然图 19 示出其中智能电话 2000 包括多个天线 2016 的示例，但是智能电话 2000 也可以包括单个天线 2016。

30 此外，智能电话 2000 可以包括针对每种无线通信方案的天线 2016。在此情况下，天线开关 2015 可以从智能电话 2000 的配置中省略。

总线 2017 将处理器 2001、存储器 2002、存储装置 2003、外部连接接口 2004、摄像装置 2006、传感器 2007、麦克风 2008、输入装置 2009、显示装置 2010、扬声器 2011、无线通信接口 2012 以及辅助控制器 2019 彼此连接。电池 2018 经由馈线向图 19 所示的智能电话 2000 的各个块提供电力，馈线在图中被部分地示为虚线。辅助控制器 2019 例如在睡眠模式下操作智能电话 2000 的最小必需功能。

在图 19 所示的智能电话 2000 中，此前参照图 3、图 6 描述的电子设备 300、600 中的通信单元可以通过无线通信接口 2012 以及可选的天线 2016 实现。电子设备 300、600 中的估计单元和选择单元以及电子设备 600 中的确定单元的功能可以由处理器 2001 或辅助控制器 2019 实现。例如，处理器 2001 或辅助控制器 2019 可以通过执行存储器 2002 或存储装置 2003 中存储的指令而实现估计单元、选择单元、和/或确定单元的功能。

(第二应用示例)

图 20 是示出可以应用本公开内容的技术的汽车导航设备 2120 的示意性配置的示例的框图。汽车导航设备 2120 包括处理器 2121、存储器 2122、全球定位系统 (GPS) 模块 2124、传感器 2125、数据接口 2126、内容播放器 2127、存储介质接口 2128、输入装置 2129、显示装置 2130、扬声器 2131、无线通信接口 2133、一个或多个天线开关 2136、一个或多个天线 2137 以及电池 2138。

处理器 2121 可以为例如 CPU 或 SoC，并且控制汽车导航设备 2120 的导航功能和另外的功能。存储器 2122 包括 RAM 和 ROM，并且存储数据和由处理器 2121 执行的程序。

GPS 模块 2124 使用从 GPS 卫星接收的 GPS 信号来测量汽车导航设备 2120 的位置 (诸如纬度、经度和高度)。传感器 2125 可以包括一组传感器，诸如陀螺仪传感器、地磁传感器和空气压力传感器。数据接口 2126 经由未示出的终端而连接到例如车载网络 2141，并且获取由车辆生成的数据 (诸如车速数据)。

内容播放器 2127 再现存储在存储介质 (诸如 CD 和 DVD) 中的内容，该存储介质被插入到存储介质接口 2128 中。输入装置 2129 包括例如被配置为检测显示装置 2130 的屏幕上的触摸的触摸传感器、按钮或开关，并且接收从用户输入的操作或信息。显示装置 2130 包括诸如 LCD 或

OLED 显示器的屏幕，并且显示导航功能的图像或再现的内容。扬声器 2131 输出导航功能的声音或再现的内容。

无线通信接口 2133 支持任何蜂窝通信方案(诸如 LTE 和 LTE-先进)，并且执行无线通信。无线通信接口 2133 通常可以包括例如 BB 处理器 2134 和 RF 电路 2135。BB 处理器 2134 可以执行例如编码/解码、调制/解调以及复用/解复用，并且执行用于无线通信的各种类型的信号处理。同时，RF 电路 2135 可以包括例如混频器、滤波器和放大器，并且经由天线 2137 来传送和接收无线信号。无线通信接口 2133 还可以为其上集成有 BB 处理器 2134 和 RF 电路 2135 的一个芯片模块。如图 20 所示，无线通信接口 2133 可以包括多个 BB 处理器 2134 和多个 RF 电路 2135。虽然图 20 示出其中无线通信接口 2133 包括多个 BB 处理器 2134 和多个 RF 电路 2135 的示例，但是无线通信接口 2133 也可以包括单个 BB 处理器 2134 或单个 RF 电路 2135。

此外，除了蜂窝通信方案之外，无线通信接口 2133 可以支持另外类型的无线通信方案，诸如短距离无线通信方案、近场通信方案和无线 LAN 方案。在此情况下，针对每种无线通信方案，无线通信接口 2133 可以包括 BB 处理器 2134 和 RF 电路 2135。

天线开关 2136 中的每一个在包括在无线通信接口 2133 中的多个电路(诸如用于不同的无线通信方案的电路)之间切换天线 2137 的连接目的地。

天线 2137 中的每一个均包括单个或多个天线元件(诸如包括在 MIMO 天线中的多个天线元件)，并且用于无线通信接口 2133 传送和接收无线信号。如图 20 所示，汽车导航设备 2120 可以包括多个天线 2137。虽然图 20 示出其中汽车导航设备 2120 包括多个天线 2137 的示例，但是汽车导航设备 2120 也可以包括单个天线 2137。

此外，汽车导航设备 2120 可以包括针对每种无线通信方案的天线 2137。在此情况下，天线开关 2136 可以从汽车导航设备 2120 的配置中省略。

电池 2138 经由馈线向图 20 所示的汽车导航设备 2120 的各个块提供电力，馈线在图中被部分地示为虚线。电池 2138 累积从车辆提供的电力。

在图 20 示出的汽车导航设备 2120 中，此前参照图 3、图 6 描述的电

子设备 300、600 中的通信单元可以通过无线通信接口 2133 以及可选的天线 2137 实现。电子设备 300、600 中的估计单元和选择单元以及电子设备 600 中的确定单元的功能可以由处理器 2121 实现。例如，处理器 2121 可以通过执行存储器 2122 中存储的指令而实现估计单元、选择单元、和
5 /或确定单元的功能。

本公开内容的技术也可以被实现为包括汽车导航设备 2120、车载网络 2141 以及车辆模块 2142 中的一个或多个块的车载系统(或车辆)2140。车辆模块 2142 生成车辆数据(诸如车速、发动机速度和故障信息)，并且将所生成的数据输出至车载网络 2141。

10 以上参照附图描述了本公开的优选实施例，但是本公开当然不限于以上示例。本领域技术人员可在所附权利要求的范围内得到各种变更和修改，并且应理解这些变更和修改自然将落入本公开的技术范围内。

例如，附图所示的功能框图中以虚线框示出的单元均表示该功能单元在相应装置中是可选的，并且各个可选的功能单元可以以适当的方式进行组合以实现所需功能。
15

例如，在以上实施例中包括在一个单元中的多个功能可以由分开的装置来实现。替选地，在以上实施例中由多个单元实现的多个功能可分别由分开的装置来实现。另外，以上功能之一可由多个单元来实现。无需说，这样的配置包括在本公开的技术范围内。

20 在该说明书中，流程图中所描述的步骤不仅包括以所述顺序按时间序列执行的处理，而且包括并行地或单独地而不是必须按时间序列执行的处理。此外，甚至在按时间序列处理的步骤中，无需说，也可以适当地改变该顺序。

25 以上虽然结合附图详细描述了本公开的实施例，但是应当明白，上面所描述的实施方式只是用于说明本公开，而并不构成对本公开的限制。对于本领域的技术人员来说，可以对上述实施方式作出各种修改和变更而没有背离本公开的实质和范围。因此，本公开的范围仅由所附的权利要求及其等效含义来限定。

权 利 要 求

1. 一种电子设备，包括：
处理电路，所述处理电路被配置为：
 - 5 基于先前使用候选波束关于与所述电子设备通信的另一设备进行波束跟踪的结果，估计每个候选波束为最优波束的预测概率；以及
基于所估计的预测概率，在候选波束中选择下一次波束跟踪的测量波束。
- 10 2. 如权利要求 1 所述的电子设备，其中，波束跟踪的结果包括通过波束跟踪获得的与候选波束相对应的信号质量的时间序列数据。
- 15 3. 如权利要求 2 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为使用预先获得的预测模型来确定候选波束的预测概率，所述预测模型是使用波束跟踪的结果的训练数据通过机器学习获得的。
- 20 4. 如权利要求 1 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：
通过在候选波束中选择总的预测概率满足预定条件的、最小数目的候选波束，选择所述测量波束。
- 25 5. 如权利要求 1 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：
通过在多个候选波束集合中选择所包括的候选波束的总的预测概率满足预定条件的、最小的候选波束集合，选择所述测量波束。
6. 如权利要求 4 或 5 所述的电子设备，其中，所述预定条件包括总的预测概率大于预定阈值。

7. 如权利要求 5 所述的电子设备，其中，每个候选波束集合包括一个或更多个相邻波束集合，每个相邻波束集合以全部候选波束中预测概率最高的最优预测波束为中心，并且包括距最优预测波束预定的波束距离的候选波束，其中，第 L 个候选波束集合包括所述波束距离为最小值的相邻波束集合以及所述波束距离从该最小值依次增加的 (L-1) 个相邻波束集合，L 为大于或等于 1 的自然数。

8. 如权利要求 7 所述的电子设备，其中，候选波束与最优预测波束之间的距离是根据候选波束的方向与最优预测波束的方向之间的差异确定的。

9. 如权利要求 1 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：
获得下一次波束跟踪中与每个测量波束相对应的信号质量，并根据所获得的信号质量在测量波束中确定要在数据传输中使用的波束。

10. 如权利要求 1 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：
在关于所述另一设备进行首次波束跟踪之前，基于使用候选波束关于所述另一设备进行波束扫描的结果，在候选波束中选择首次波束跟踪的测量波束。

11. 如权利要求 1 所述的电子设备，其中，候选波束是下行参考信号的发送波束，并且所述电子设备是网络侧设备。

12. 如权利要求 11 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：

为所述另一设备预先提供下行参考信号的资源集合的配置信息，所述资源集合中的每个下行参考信号能够被单独发送。

13. 如权利要求 12 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：

5 当针对下一次波束跟踪与针对前一次波束跟踪选择不同数目的下行参考信号时，向所述另一设备发送关于针对下一次波束跟踪选择的下行参考信号的数目的指示。

14. 如权利要求 12 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：

10 当针对下一次波束跟踪与针对前一次波束跟踪选择不同的下行参考信号时，向所述另一设备发送关于针对下一次波束跟踪选择的下行参考信号的指示。

15. 如权利要求 1 所述的电子设备，其中，候选波束是针对下行参考信号的接收波束，并且所述电子设备是终端设备。

15

16. 如权利要求 15 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：

从网络侧设备预先获得下行参考信号的资源集合的配置信息，所述资源集合中的每个下行参考信号能够被单独发送。

20

17. 如权利要求 16 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：

当针对下一次波束跟踪与针对前一次波束跟踪选择不同数目的接收波束时，向网络侧设备发送下一次波束跟踪对下行参考信号的请求。

25

18. 如权利要求 17 所述的电子设备，其中，所述处理电路还被配置为：

从网络侧设备接收响应于所述请求而发送的关于下一次波束跟踪要

使用的下行参考信号的指示。

19. 一种用于无线通信的方法，包括：

5 基于先前使用候选波束关于与电子设备通信的另一设备进行波束跟踪的结果，估计每个候选波束为最优波束的预测概率；以及

基于所估计的预测概率，在候选波束中选择下一次波束跟踪的测量波束。

10 20. 一种存储有可执行指令的非暂态计算机可读存储介质，所述可执行指令在由处理器执行时，使得所述处理器执行如权利要求 19 所述的用于无线通信的方法。

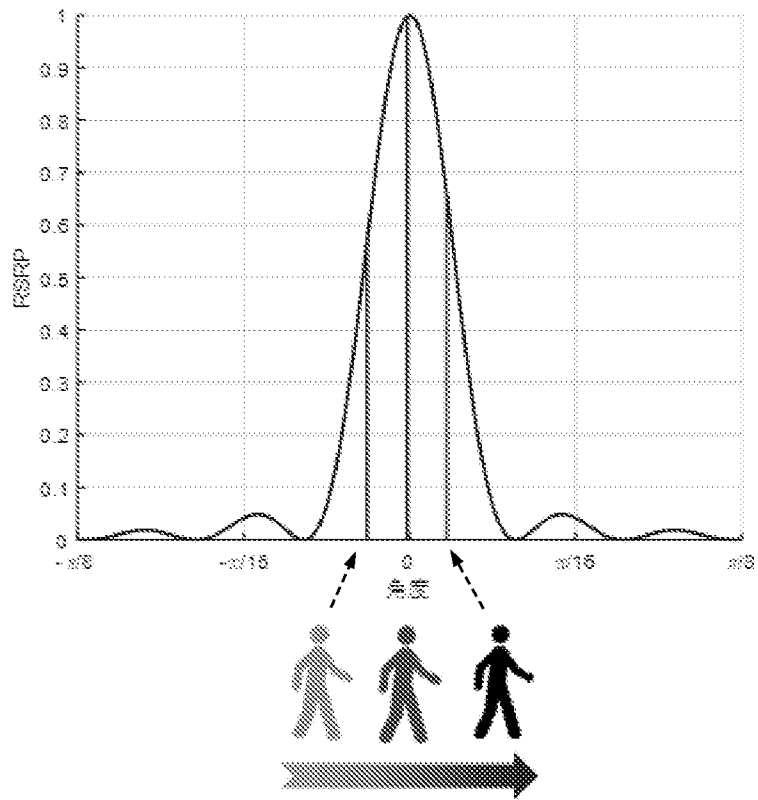


图 1

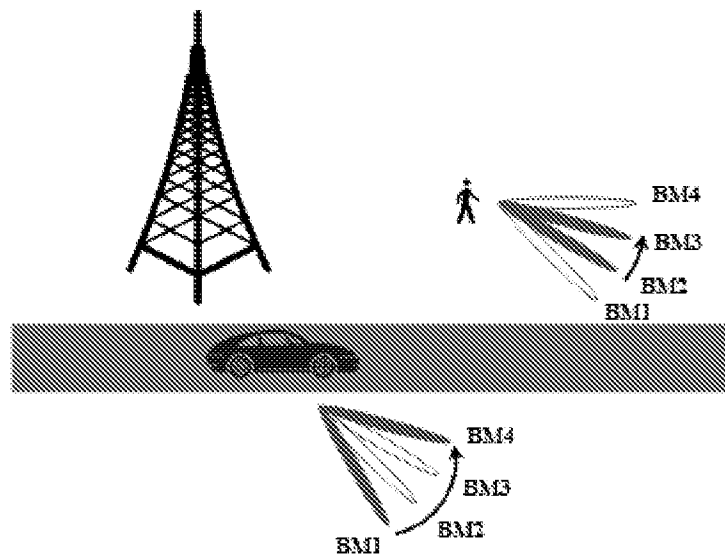


图 2

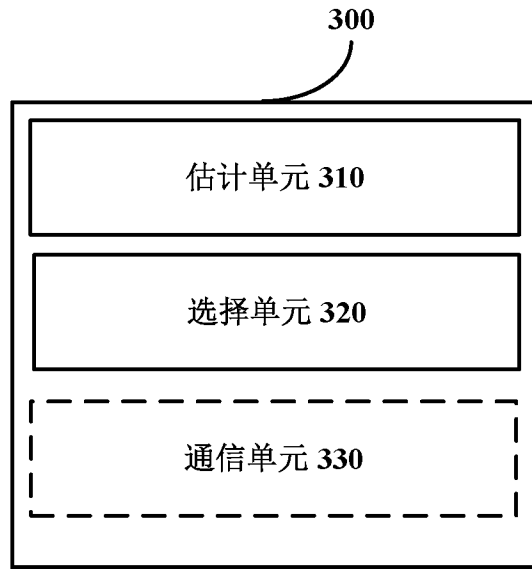


图 3

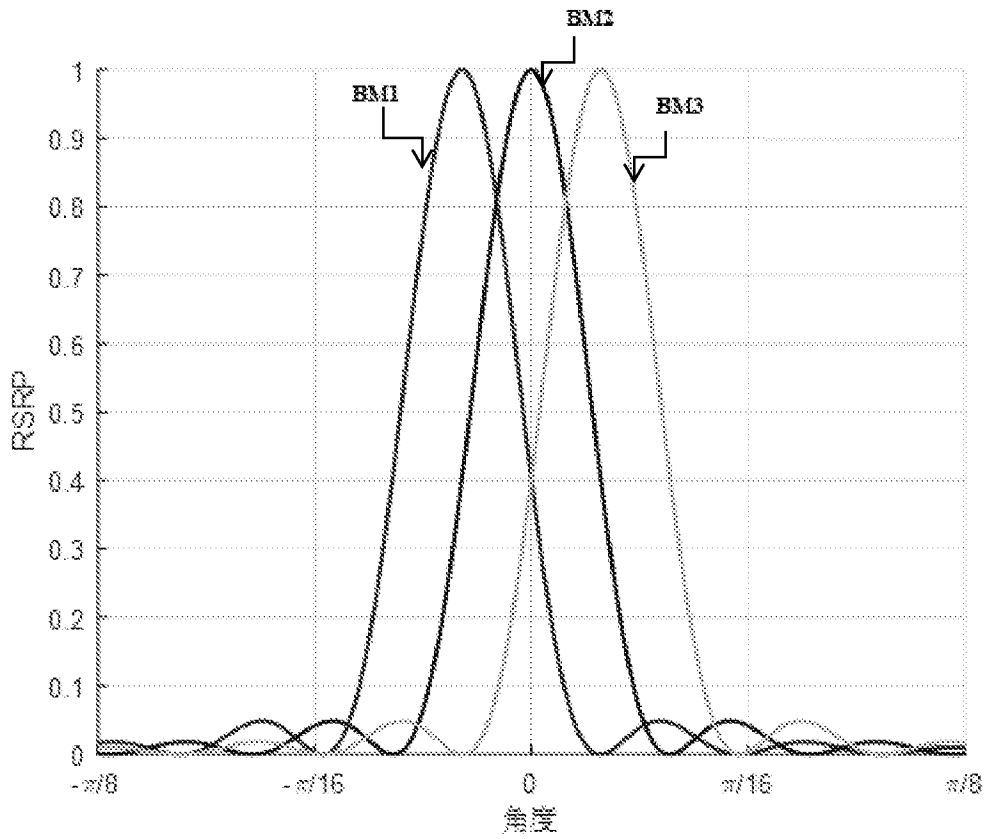


图 4

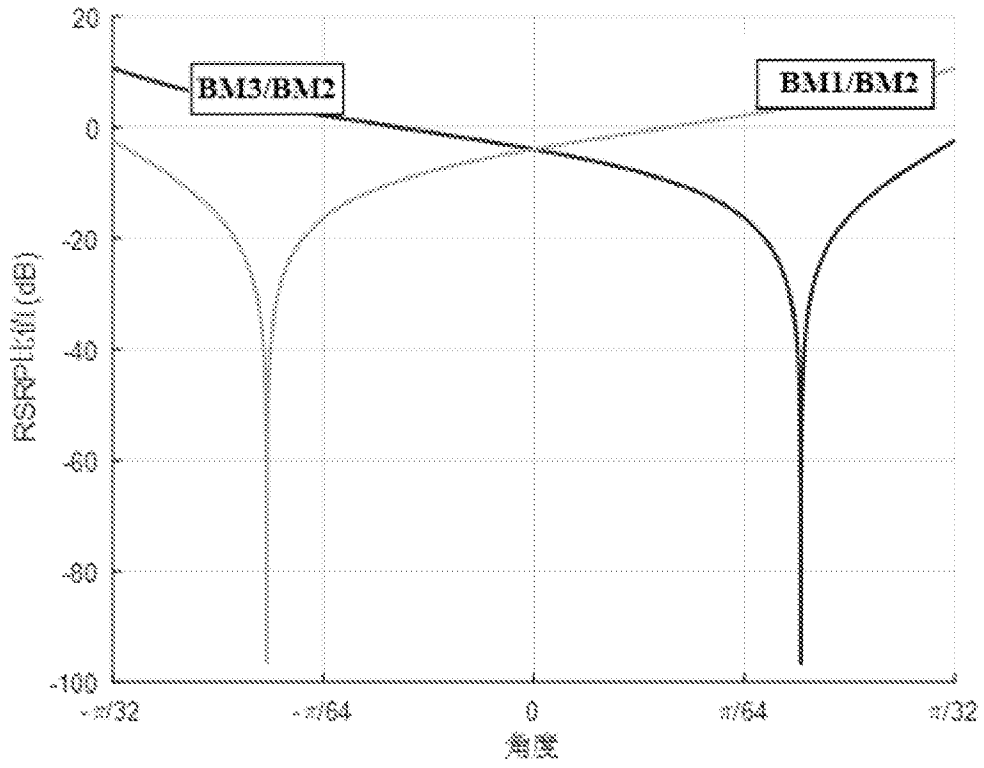


图 5

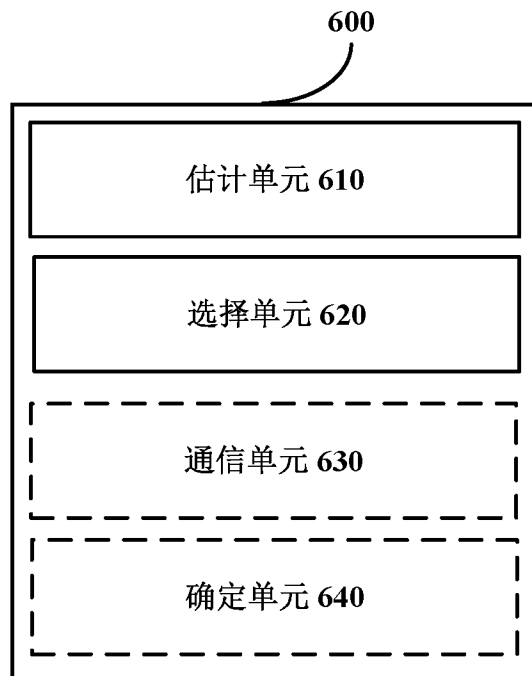


图 6

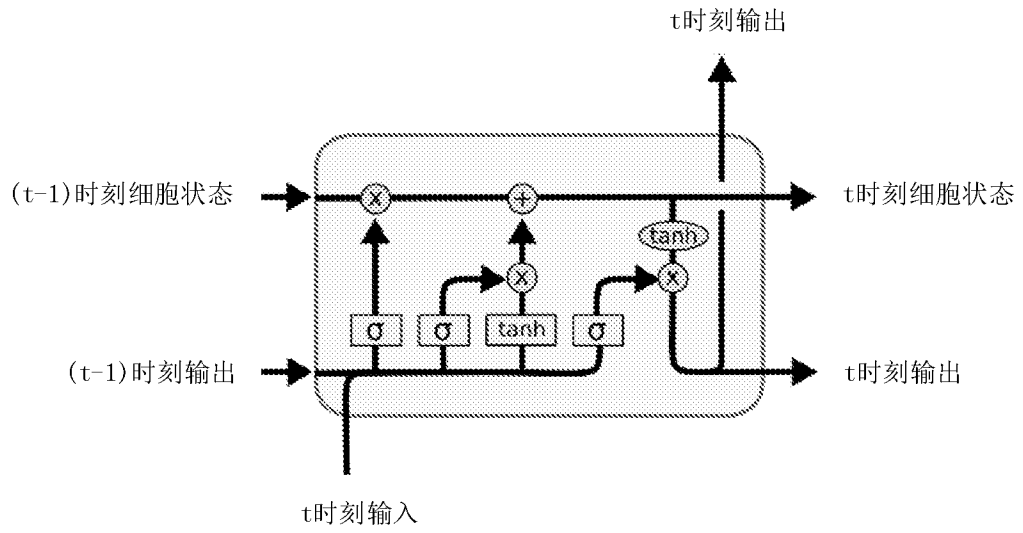


图 7

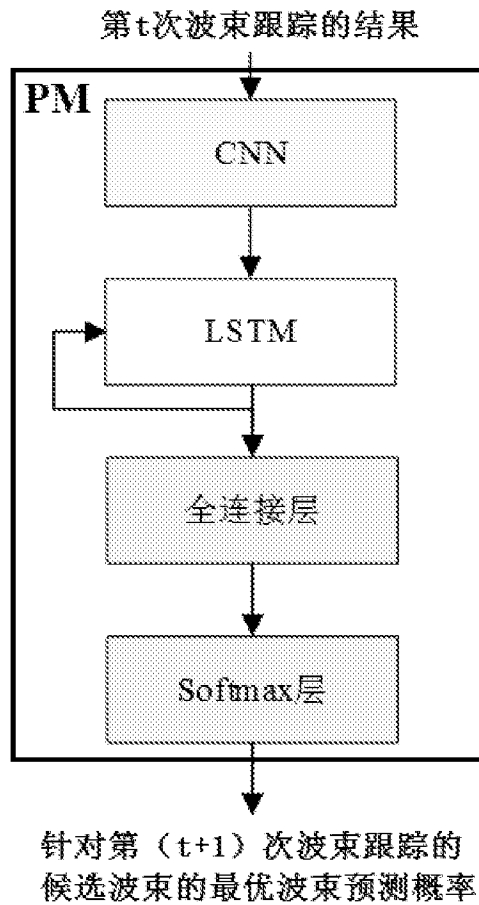


图 8

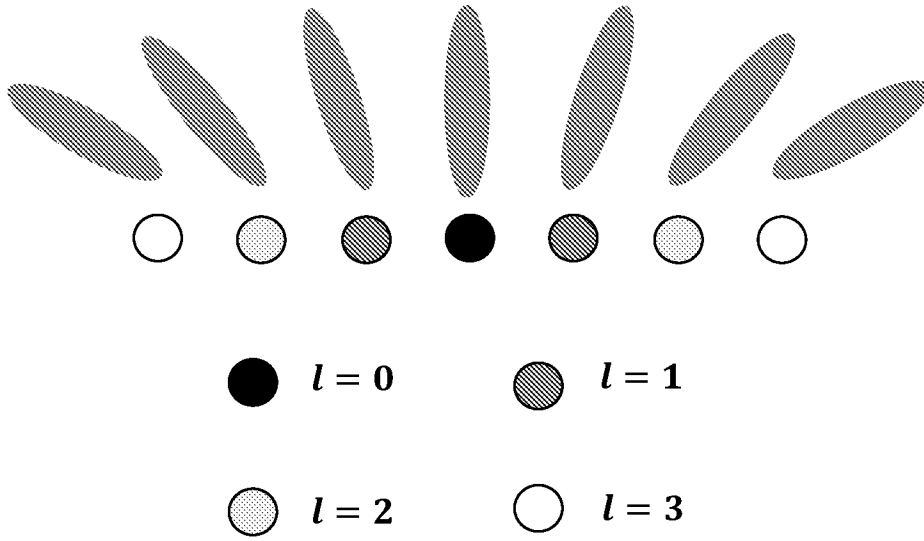


图 9

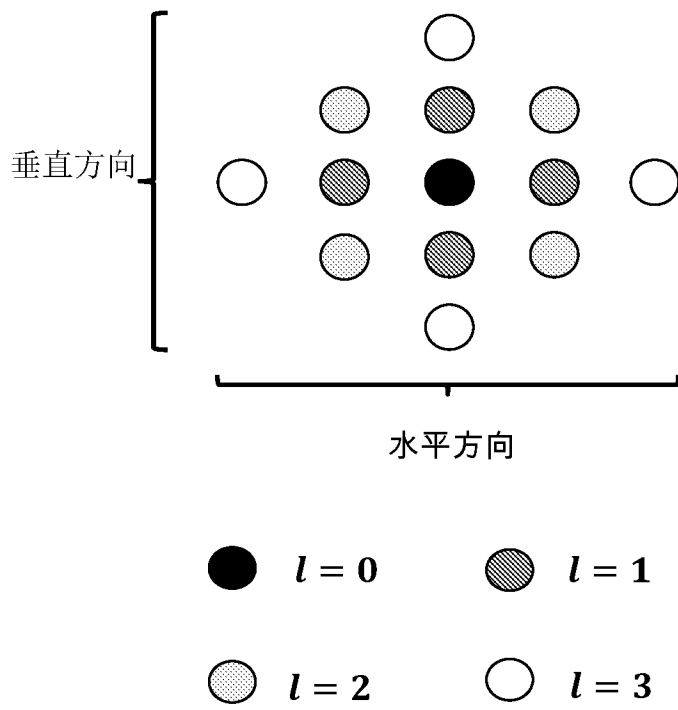


图 10

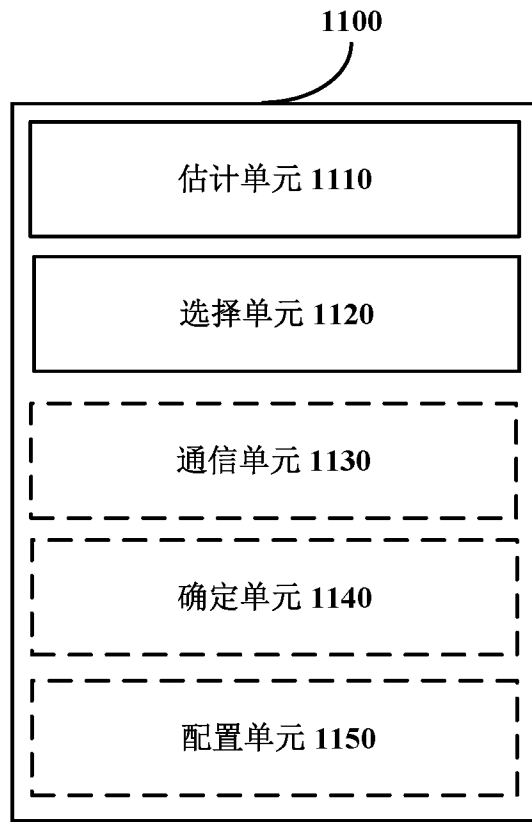


图 11

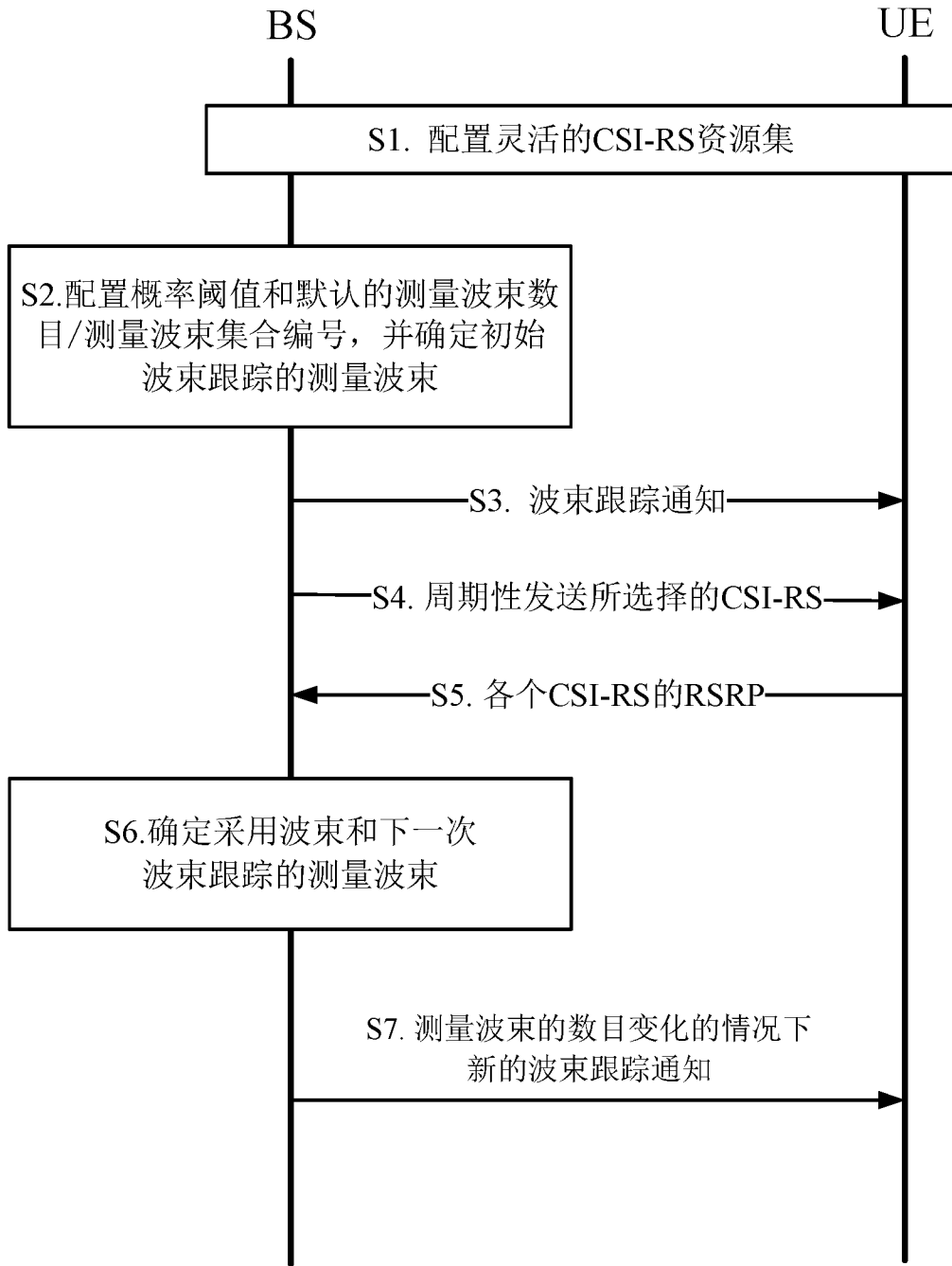


图 12

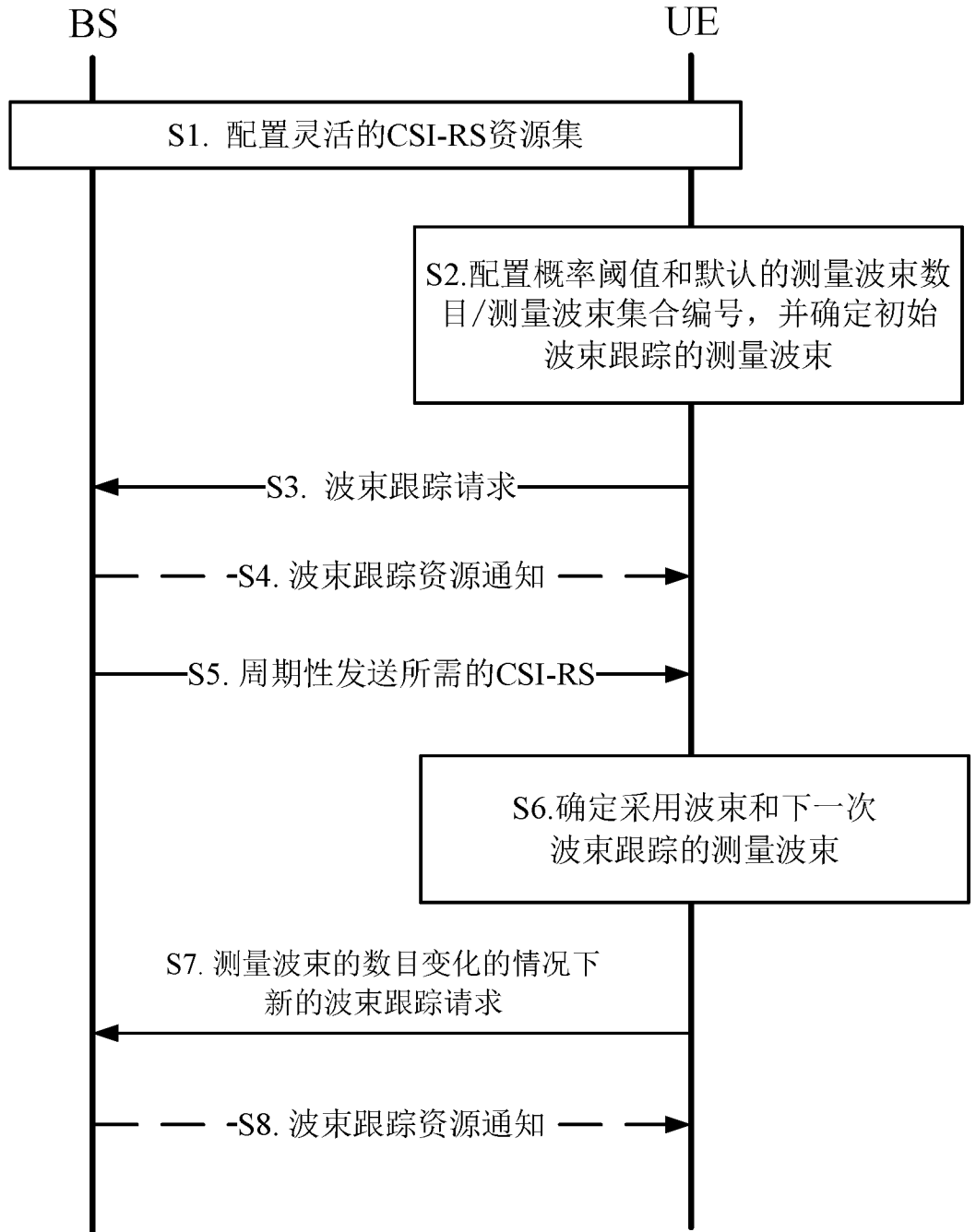


图 13

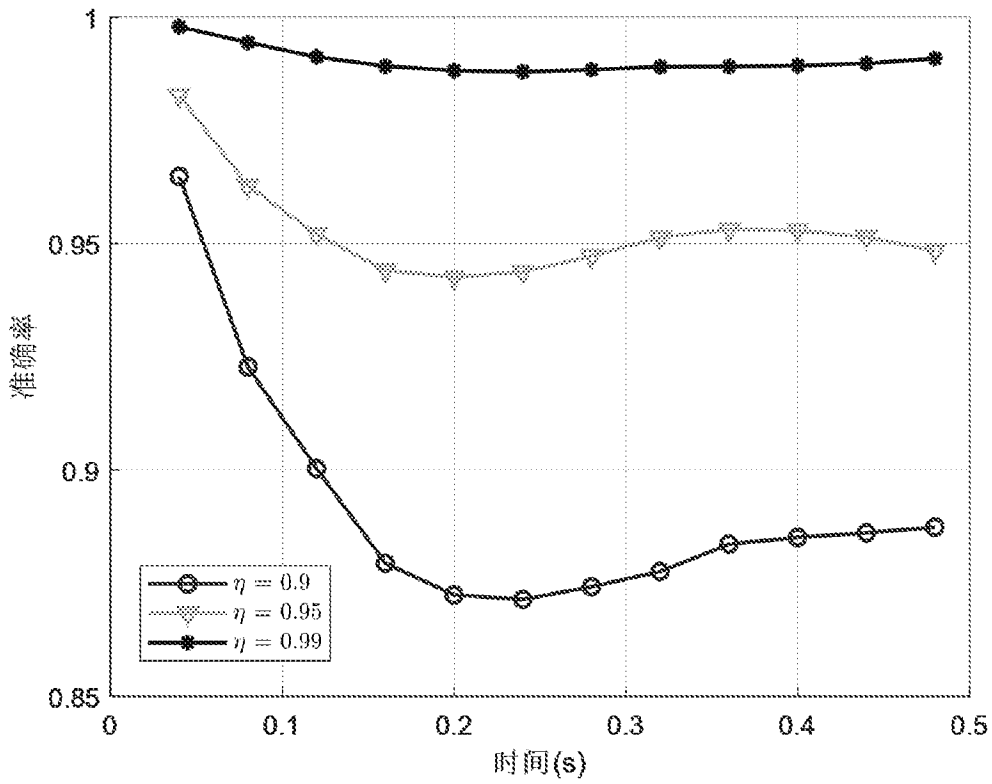


图 14

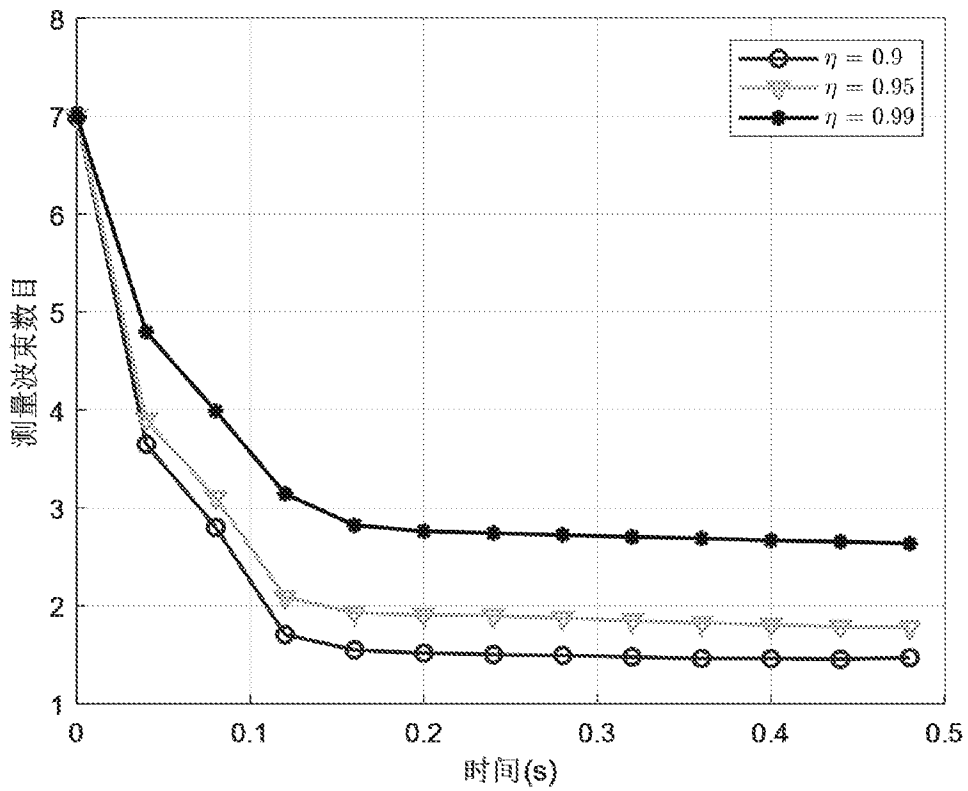


图 15

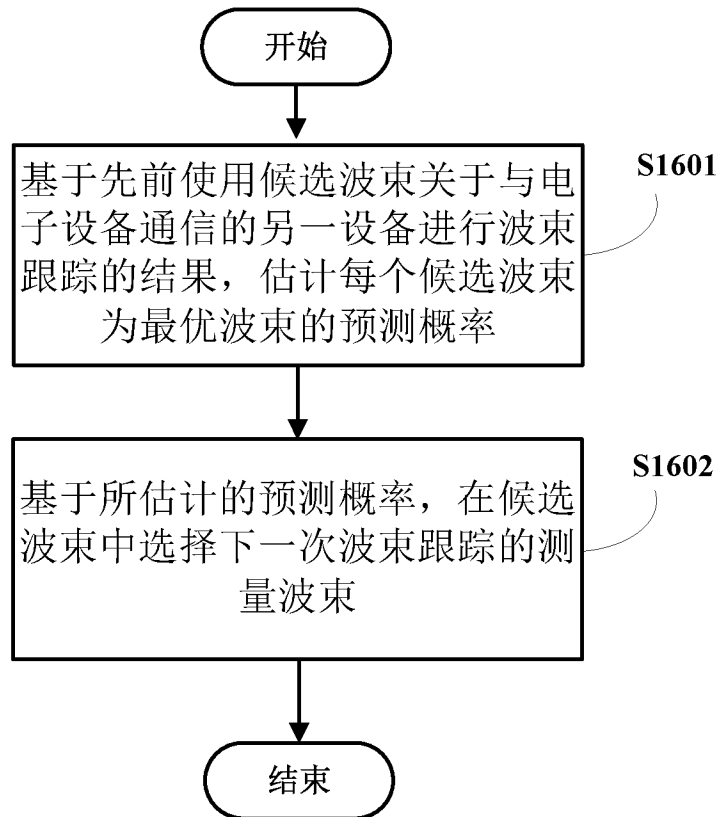


图 16

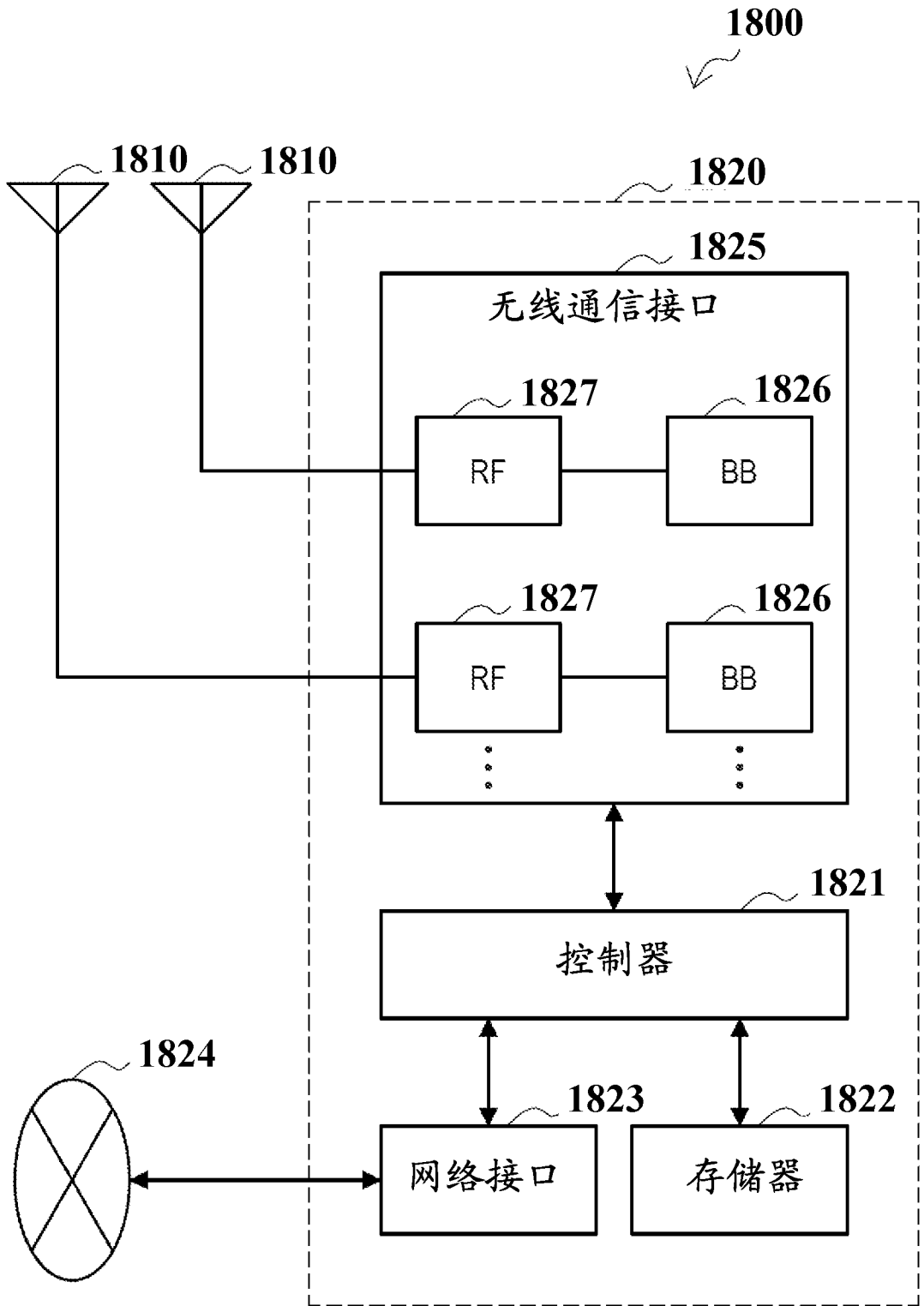


图 17

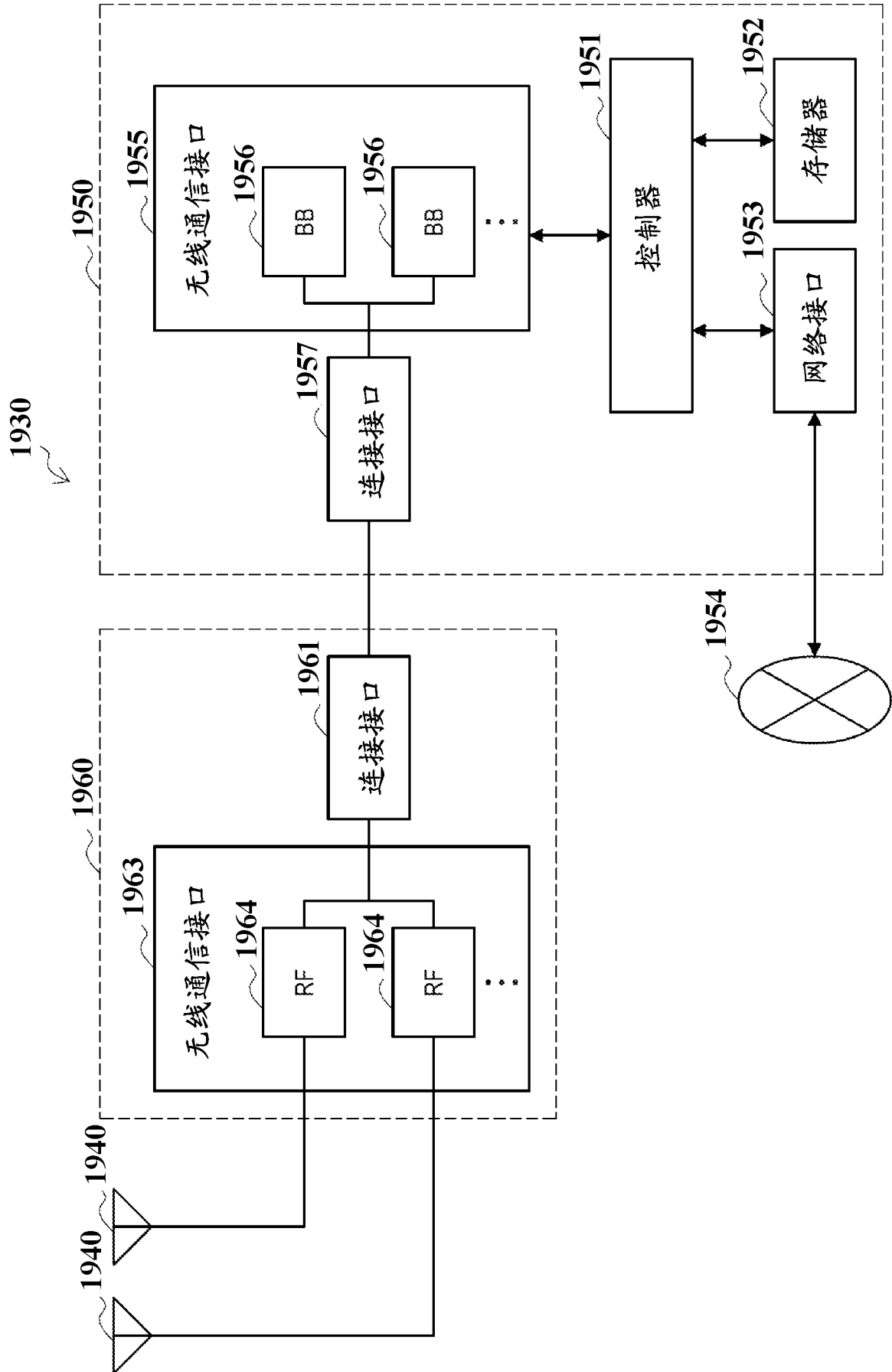


图18

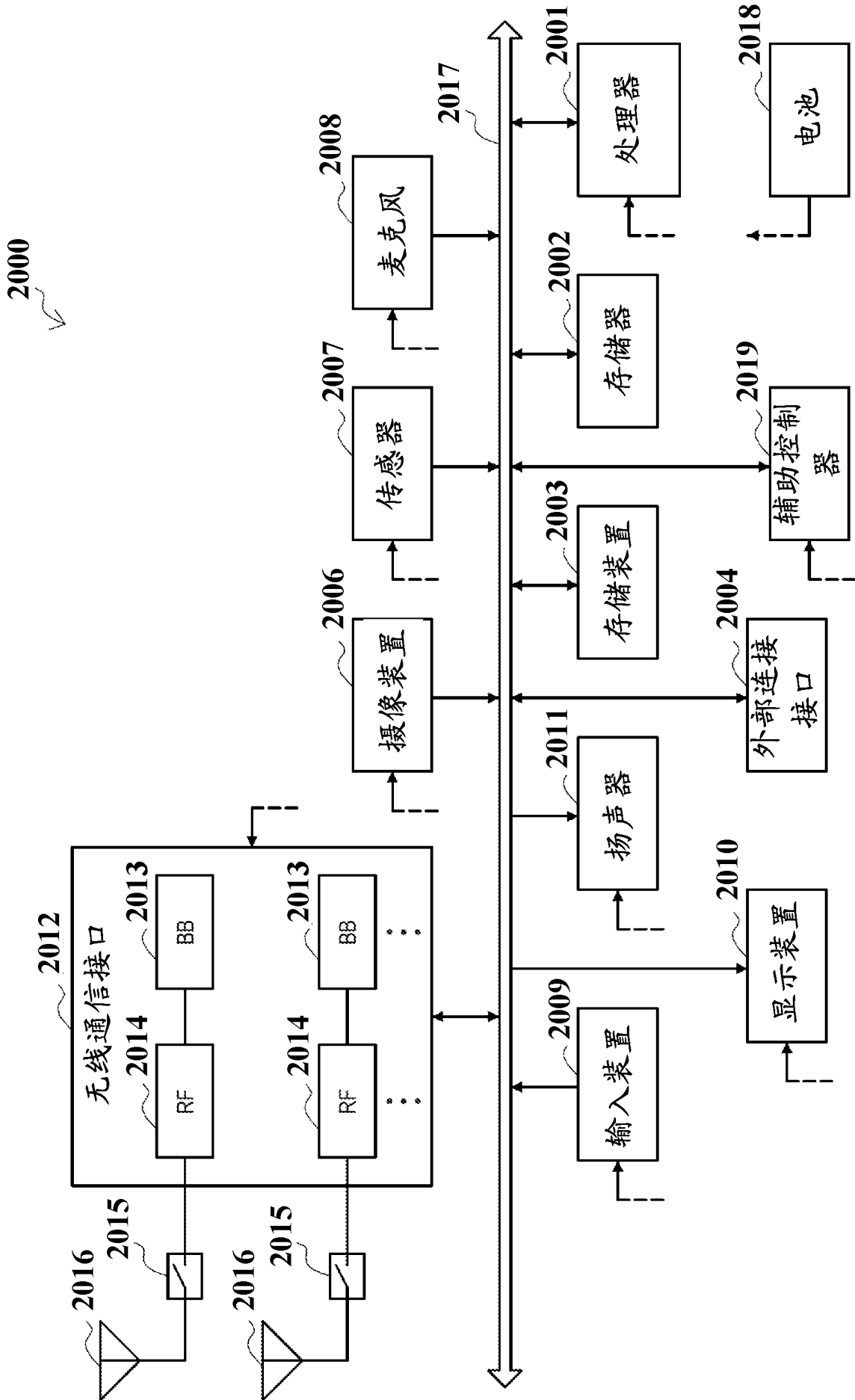


图19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/070959

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H04B 7/06(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC:H04B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 波束, 上行, 下行, 预测, 概率, 质量, 角, 候选, 跟踪, 时间, 序列, beam, uplink, downlink, prediction, probability, QoS, angle, candidate, tracking, time, sequence		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2020227859 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL) et al.) 19 November 2020 (2020-11-19) description, page 17, line 18-pages 49, line 11	1-20
X	WO 2020244748 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)) 10 December 2020 (2020-12-10) description, page 7, line 25-page 18, line 8	1-20
X	WO 2020244747 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)) 10 December 2020 (2020-12-10) description, page 8, line 27-page 21, line 5	1-20
A	US 2019007122 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)) 03 January 2019 (2019-01-03) entire document	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
15 February 2023		21 February 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/070959

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020227859	A1	19 November 2020	US	2022216905	A1	07 July 2022
				EP	3967090	A1	16 March 2022
				CN	113812192	A	17 December 2021
WO	2020244748	A1	10 December 2020	US	2022231746	A1	21 July 2022
				EP	3981084	A1	13 April 2022
WO	2020244747	A1	10 December 2020	EP	3981083	A1	13 April 2022
				US	2022224398	A1	14 July 2022
				IN	202147055600	A	10 December 2021
US	2019007122	A1	03 January 2019	WO	2019004887	A1	03 January 2019
				EP	3646477	A1	06 May 2020
				IN	201747041785	A	04 January 2019

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04B 7/06 (2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																	
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC:H04B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC:波束, 上行, 下行, 预测, 概率, 质量, 角, 候选, 跟踪, 时间, 序列, beam, uplink, downlink, prediction, probability, QoS, angle, candidate, tracking, time, sequence</p>																	
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2020227859 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)等) 2020年11月19日 (2020 - 11 - 19) 说明书17页18行-49页11行</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2020244748 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2020年12月10日 (2020 - 12 - 10) 说明书第7页25行-18页8行</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2020244747 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2020年12月10日 (2020 - 12 - 10) 说明书8页27行-21页5行</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2019007122 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2019年1月3日 (2019 - 01 - 03) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	WO 2020227859 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)等) 2020年11月19日 (2020 - 11 - 19) 说明书17页18行-49页11行	1-20	X	WO 2020244748 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2020年12月10日 (2020 - 12 - 10) 说明书第7页25行-18页8行	1-20	X	WO 2020244747 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2020年12月10日 (2020 - 12 - 10) 说明书8页27行-21页5行	1-20	A	US 2019007122 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2019年1月3日 (2019 - 01 - 03) 全文	1-20
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	WO 2020227859 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)等) 2020年11月19日 (2020 - 11 - 19) 说明书17页18行-49页11行	1-20															
X	WO 2020244748 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2020年12月10日 (2020 - 12 - 10) 说明书第7页25行-18页8行	1-20															
X	WO 2020244747 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2020年12月10日 (2020 - 12 - 10) 说明书8页27行-21页5行	1-20															
A	US 2019007122 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON(PUBL)) 2019年1月3日 (2019 - 01 - 03) 全文	1-20															
国际检索实际完成的日期	2023年2月15日	国际检索报告邮寄日期	2023年2月21日														
ISA/CN的名称和邮寄地址	中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	授权官员	王歆玥 电话号码 (+86) 010-53961795														

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/070959

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
WO	2020227859	A1	2020年11月19日	US	2022216905	A1	2022年7月7日
				EP	3967090	A1	2022年3月16日
				CN	113812192	A	2021年12月17日
WO	2020244748	A1	2020年12月10日	US	2022231746	A1	2022年7月21日
				EP	3981084	A1	2022年4月13日
WO	2020244747	A1	2020年12月10日	EP	3981083	A1	2022年4月13日
				US	202224398	A1	2022年7月14日
				IN	202147055600	A	2021年12月10日
US	2019007122	A1	2019年1月3日	WO	2019004887	A1	2019年1月3日
				EP	3646477	A1	2020年5月6日
				IN	201747041785	A	2019年1月4日