



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104813594 B

(45)授权公告日 2019.08.02

(21)申请号 201380061515.6

(22)申请日 2013.11.25

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104813594 A

(43)申请公布日 2015.07.29

(30)优先权数据
61/729,990 2012.11.26 US
14/086,700 2013.11.21 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.05.26

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/071749 2013.11.25

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/082048 EN 2014.05.30

(73)专利权人 李尔登公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 安东尼奥·福伦扎
斯蒂芬·G·珀尔曼

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287
代理人 章蕾

(51)Int.Cl.
H04B 7/06(2006.01)

(56)对比文件
US 2012218968 A1,2012.08.30,
US 2012218968 A1,2012.08.30,
US 2011111781 A1,2011.05.12,
US 2011003607 A1,2011.01.06,
CN 101925070 A,2010.12.22,
US 2009227292 A1,2009.09.10,
审查员 倪静

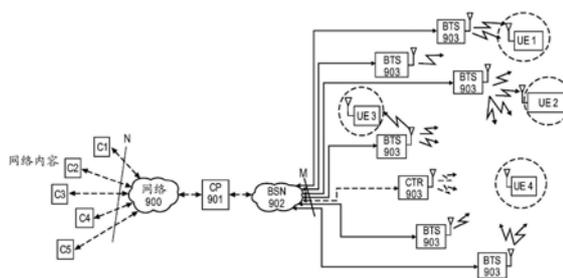
权利要求书4页 说明书24页 附图11页

(54)发明名称

在无线蜂窝系统中利用小区间复用增益

(57)摘要

本发明描述了系统和方法,所述系统和方法用于在具有多用户(MU)传输的多天线系统(MAS) (“MU-MAS”)中利用小区间干扰来实现复用增益。例如,一个实施例的MU-MAS包括具有多根分布式天线的无线蜂窝网络,所述天线协作地操作以消除小区间干扰并且利用小区间复用增益来增加网络容量。



1. 一种具有多用户(MU)传输的多天线系统(MAS) (“MU-MAS”),所述多天线系统利用小区间干扰来经由空间处理实现复用增益,从而增加无线通信网络中的容量,所述MAS包括:

多个无线用户装置;

多个分布式天线或无线收发器装置,所述多个分布式天线或无线收发器装置通信地耦合到所述无线用户装置并且具有在所述无线用户装置的位置处的重叠覆盖;以及

空间处理逻辑,其采用空间处理来利用小区间干扰以产生同一频带内所述用户装置的多个并行非干扰下行链路或上行链路数据链路,

其中从多根天线传输的功率未被约束到任何特定功率水平,使得小区间干扰有意地遍及小区而产生并且被采用来增加所述无线通信网络的容量。

2. 一种通信系统,其包括:

具有多用户传输的多天线系统MU-MAS,其包括:

多个无线用户装置UE;

多个协作分布式天线或无线收发器装置BTS,所述多个协作分布式天线或无线收发器装置通信地耦合到所述无线用户装置并且具有在所述无线用户装置的位置处的重叠覆盖;

空间处理逻辑,其采用空间处理来利用小区间干扰以产生同一频带内所述用户装置的多个并行非干扰下行链路或上行链路数据链路;

其中所述MU-MAS是蜂窝网络,诸如长期演进LTE网络;

其中采用闭环预编码方法以将同步非干扰数据流从所述BTS经由下行链路信道发送到所述UE;以及

其中每个UE使用小区特定参考信号CRS来估计来自所有BTS或来自仅所述UE自己的用户群集内的BTS的信道状态信息CSI,

其中所述用户群集被定义为可以从每个UE位置达到的那一组BTS,

其中从多根天线传输的功率未被约束到任何特定功率水平,使得小区间干扰有意地遍及小区而产生并且被采用来增加无线通信网络的容量。

3. 根据权利要求2所述的通信系统,其中集中式处理器CP估计所述信道的时间和频率选择性,并且动态地将用于不同BTS的所述CRS重新分配给不同资源元素。

4. 一种通信系统,其包括:

具有多用户传输的多天线系统MU-MAS,其包括:

多个无线用户装置UE;

多个协作分布式天线或无线收发器装置BTS,所述多个协作分布式天线或无线收发器装置通信地耦合到所述无线用户装置并且具有在所述无线用户装置的位置处的重叠覆盖;

空间处理逻辑,其采用空间处理来利用小区间干扰以产生同一频带内所述用户装置的多个并行非干扰下行链路或上行链路数据链路;

其中所述MU-MAS是蜂窝网络,诸如LTE网络;

其中采用闭环预编码方法以将同步非干扰数据流从所述BTS经由下行链路信道发送到所述UE;以及

其中每个UE使用CSI参考信号CSI-RS或解调参考信号DM-RS或两者的组合来估计来自所有BTS或来自仅所述UE自己的用户群集内的所述BTS的所述CSI,

其中从多根天线传输的功率未被约束到任何特定功率水平,使得小区间干扰有意地遍

及小区而产生并且被采用来增加无线通信网络的容量。

5. 根据权利要求4所述的通信系统,其中降低来自所述BTS的传输功率以将所述用户群集中BTS的数量减小至低于由LTE标准中的所述CSI-RS信号所支持的最大天线数量。

6. 根据权利要求4所述的通信系统,其中所述用户群集内的所述BTS被划分成子组,并且以给定周期性一次从一个BTS子组发送所述CSI-RS。

7. 根据权利要求6所述的通信系统,其中基于所述UE的信道相干时间以及由LTE标准所支持的所述周期性值来确定针对不同子组的所述CSI-RS的所述周期性。

8. 根据权利要求4所述的通信系统,其中与LTE标准中不同的模式和周期性被允许用于所述CSI-RS以在所述系统中实现更高数量的BTS。

9. 一种通信系统,其包括:

具有多用户传输的多天线系统MU-MAS,其包括:

多个无线用户装置UE;

多个协作分布式天线或无线收发器装置BTS,所述多个协作分布式天线或无线收发器装置通信地耦合到所述无线用户装置并且具有在所述无线用户装置的位置处的重叠覆盖;

空间处理逻辑,其采用空间处理来利用小区间干扰以产生同一频带内所述用户装置的多个并行非干扰下行链路或上行链路数据链路;

其中从多根天线传输的功率未被约束到任何特定功率水平,使得小区间干扰有意地遍及小区而产生并且被采用来增加无线通信网络的容量;

其中所述MU-MAS是蜂窝网络,诸如LTE网络;

其中采用闭环预编码方法以将同步非干扰数据流从所述BTS经由下行链路信道发送到所述UE;以及

其中每个UE经由物理上行链路控制信道PUCCH信号向CP报告秩指示符RI、预编码矩阵指示符PMI和信道质量指示符CQI。

10. 一种通信系统,其包括:

具有多用户传输的多天线系统MU-MAS,其包括:

多个无线用户装置UE;

多个协作分布式天线或无线收发器装置BTS,所述多个协作分布式天线或无线收发器装置通信地耦合到所述无线用户装置并且具有在所述无线用户装置的位置处的重叠覆盖;

空间处理逻辑,其采用空间处理来利用小区间干扰以产生同一频带内所述用户装置的多个并行非干扰下行链路或上行链路数据链路;

其中所述MU-MAS是蜂窝网络,诸如LTE网络;

其中采用闭环预编码方法以将同步非干扰数据流从所述BTS经由下行链路信道发送到所述UE;

其中所述UE经由物理上行链路共享信道PUSCH信号向CP报告RI、PMI和CQI,

其中从多根天线传输的功率未被约束到任何特定功率水平,使得小区间干扰有意地遍及小区而产生并且被采用来增加无线通信网络的容量。

11. 根据权利要求10所述的通信系统,其中所述系统估计所述信道频率选择性,并且针对同一可用上行链路资源动态地调整所述PMI以支持更大数量的BTS。

12. 一种通信系统,其包括:

具有多用户传输的多天线系统MU-MAS,其包括:

多个无线用户装置UE;

多个协作分布式天线或无线收发器装置BTS,所述多个协作分布式天线或无线收发器装置通信地耦合到所述无线用户装置并且具有在所述无线用户装置的位置处的重叠覆盖;

空间处理逻辑,其采用空间处理来利用小区间干扰以产生同一频带内所述用户装置的多个并行非干扰下行链路或上行链路数据链路;

其中所述MU-MAS是蜂窝网络,诸如LTE网络;

其中采用开环预编码方法以将同步非干扰数据流从所述BTS经由下行链路信道发送到所述UE,

其中从多根天线传输的功率未被约束到任何特定功率水平,使得小区间干扰有意地遍及小区而产生并且被采用来增加无线通信网络的容量。

13. 根据权利要求12所述的通信系统,其中探测参考信号SRS或者解调参考信号DMRS被用来估计从所有UE到所述BTS的信道脉冲响应。

14. 根据权利要求13所述的通信系统,其中不同SRS或DMRS被分配给每个UE的不同天线。

15. 根据权利要求13所述的通信系统,其中不同SRS或DMRS被分配给不同BTS子组以减小非协作BTS之间的干扰。

16. 根据权利要求13所述的通信系统,其中所述SRS或DMRS基于跳频图案被分配以利用信道频率分集。

17. 根据权利要求13所述的通信系统,其中活动UE被划分成群组,并且同一组SRS或DMRS在连续时隙内被分配给每个群组。

18. 根据权利要求17所述的通信系统,其中针对所有活动UE估计最短信道相干时间,并且基于经估计的所述最短信道相干时间来计算UE群组的最大数量以及所述SRS或DMRS时分复用方案的周期性。

19. 根据权利要求12所述的通信系统,其中RF校准用于将UL CSI转换成DL CSI,从而利用UL/DL信道互易性。

20. 一种通信系统,其包括:

具有多用户传输的多天线系统MU-MAS,其包括:

多个无线用户装置UE;

多个协作分布式天线或无线收发器装置BTS,所述多个协作分布式天线或无线收发器装置通信地耦合到所述无线用户装置并且具有在所述无线用户装置的位置处的重叠覆盖;

空间处理逻辑,其采用空间处理来利用小区间干扰以产生同一频带内所述用户装置的多个并行非干扰下行链路或上行链路数据链路;

其中所述MU-MAS是蜂窝网络,诸如LTE网络;

其中采用开环方法以经由上行链路信道接收来自于所述UE到所述BTS的同步非干扰数据流,

其中从多根天线传输的功率未被约束到任何特定功率水平,使得小区间干扰有意地遍及小区而产生并且被采用来增加无线通信网络的容量。

21. 根据权利要求20所述的通信系统,其中通过利用下行链路信令信息来实现UE之间

的时间和频率同步。

22. 根据权利要求21所述的通信系统,其中经由直接连线至同一物理时钟或通过全球定位系统规训振荡器GPSDO共享公共时间和频率参考来使所述BTS与同一参考时钟同步。

23. 根据权利要求21所述的通信系统,其中通过仅针对那些与同一组BTS链接的UE处理上行链路帧来避免UE之间的相对传播延迟,从而保证UE之间的时间同步。

24. 根据权利要求21所述的通信系统,其中在上行链路传输之前在所述UE侧预补偿UE之间的相对传播延迟,以保证所述UE在所述BTS接收器处的时间同步。

25. 根据权利要求20所述的通信系统,其中所述开环方法包括非线性空间滤波器,包括最大似然ML、决策反馈均衡DFE或串行干扰消除SIC接收器。

26. 根据权利要求20所述的通信系统,其中所述开环方法包括线性空间滤波器,包括迫零ZF或最小均方误差MMSE接收器。

27. 根据权利要求20所述的通信系统,其中SC-FMDA用于在频域中复用所述UE。

28. 根据权利要求20所述的通信系统,其中SRS或DMRS用于估计从所有UE到所述BTS的信道脉冲响应。

在无线蜂窝系统中利用小区间复用增益

[0001] 对优先权的要求

[0002] 本申请要求2012年11月26日提交的名称为“用于经由分布式输入分布式输出技术在无线蜂窝系统中利用小区间复用增益的系统和方法 (Systems And Methods For Exploiting Inter-Cell Multiplexing Gain In Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output Technology)”的共同待决的美国临时申请号61/729,990的权益,所述申请转让给本申请的受让人。本申请以引用方式全文并入本文。

[0003] 相关申请

[0004] 本申请可与以下共同待决的美国专利申请有关:

[0005] 名称为“用于多用户频谱的计划演进和淘汰的系统和方法 (System and Methods for planned evolution and obsolescence of multiuser spectrum)”的美国申请序列号13/233,006

[0006] 名称为“在无线系统中利用相关性区域的系统和方法 (Systems and Methods to Exploit Areas of Coherence in Wireless Systems)”的美国申请序列号13/232,996

[0007] 名称为“补偿分布式输入分布式输出系统中的多普勒效应的系统和方法 (System and Methods to Compensate for Doppler Effects in Distributed- Input Distributed Output Systems)”的美国申请序列号13/464,648

[0008] 2013年9月24日发布的名称为“经由用户聚类协调分布式无线系统中的传输的系统和方法 (Systems And Methods To Coordinate Transmissions In Distributed Wireless Systems Via User Clustering)”的美国专利号8,542,763

[0009] 名称为“分布式输入分布式输出 (DIDO) 通信系统中的干扰管理、切换、功率控制和链路适配 (Interference Management, Handoff, Power Control And Link Adaptation In Distributed-Input Distributed-Output (DIDO) Communication Systems)”的美国申请序列号12/802,988

[0010] 2012年5月1日发布的名称为“用于基于信号强度测量调整DIDO干扰消除的系统和方法 (System And Method For Adjusting DIDO Interference Cancellation Based On Signal Strength Measurements)”的美国专利号 8,170,081

[0011] 名称为“用于管理遍历多个DIDO群集的客户端的群集间切换的系统和方法 (System And Method For Managing Inter-Cluster Handoff Of Clients Which Traverse Multiple DIDO Clusters)”的美国申请序列号12/802,974

[0012] 名称为“用于基于不同分布式输入分布式输出 (DIDO) 网络之间的客户端的检测速度来管理客户端的切换的系统和方法 (System And Method For Managing Handoff Of A Client Between Different Distributed-Input- Distributed-Output (DIDO) Networks Based On Detected Velocity Of The Client)”的美国申请序列号12/802,989

[0013] 名称为“用于分布式输入分布式输出 (DIDO) 网络中的功率控制和天线分组的系统和方法 (System And Method For Power Control And Antenna Grouping In A Distributed-Input-Distributed-Output (DIDO) Network)”的美国申请序列号12/802,958

[0014] 名称为“用于DIDO多载波系统中的链路适配的系统和方法 (System And Method For Link adaptation In DIDO Multicarrier Systems)”的美国申请序列号12/802,975

[0015] 2013年10月29日发布的标题为“用于多载波系统中的DIDO预编码插值的系统和方法 (System And Method For DIDO Precoding Interpolation In Multicarrier Systems)”的美国专利号8,571,086

[0016] 名称为“用于分布式天线无线通信的系统和方法 (System and Method For Distributed Antenna Wireless Communications)”的美国申请序列号 12/630,627

[0017] 2009年10月6日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法 (System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication)”的美国专利号7,599,420;

[0018] 2009年12月15日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法 (System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication)”的美国专利号7,633,994;

[0019] 2009年12月22日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法 (System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication)”的美国专利号7,636,381;

[0020] 2012年4月17日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法 (System and Method For Distributed Input-Distributed Output Wireless Communications)”的美国专利号8,160,121;

[0021] 2010年5月4日发布的名称为“用于空间复用对流层散射通信的系统和方法 (System and Method For Spatial-Multiplexed Tropospheric Scatter Communications)”的美国专利号7,711,030;

[0022] 2008年8月26日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法 (System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication)”的美国专利号7,418,053;

[0023] 2011年2月8日发布的名称为“用于使用空时编码增强近垂直入射天波 (“NVIS”) 通信的系统和方法 (System and Method For Enhancing Near Vertical Incidence Skywave (“NVIS”) Communication Using Space-Time Coding)”的美国专利号7,885,354。

背景技术

[0024] 在最近三十年中,无线蜂窝市场在世界各地已经经历了数量越来越大的订户以及对从语音转移至网页浏览以及实时HD视频流的更好服务的需求。对要求更高数据速率、较低时延和更高可靠性的服务的这种越来越高的需求已经驱动无线技术飞速演进跨越了不同标准。从二十世纪八十年代早期的第一代模拟AMPS和TACS (用于语音服务) 开始,到二十世纪九十年代的2G和2.5G数字GSM、IS-95和GPRS (用于语音和数据服务),到二十一世纪早期的3G与UMTS和CDMA2000 (用于网页浏览),并最终到目前在世界各地的不同国家部署的LTE (用于高速因特网连接)。

[0025] 长期演进 (LTE) 是由第三代合作伙伴计划 (3GPP) 针对第四代 (4G) 无线蜂窝系统制定的标准。通过经由多输入多输出 (MIMO) 技术利用无线信道的空间分量,LTE所达到的下

行链路频谱效率与早先3G和 HSPA+标准相比可改进高达4倍。LTE-Advanced是目前正被标准化的LTE 的演进,其所实现的频谱效率与3G标准系统相比将增加高达8倍。

[0026] 尽管有这种技术演进,但由于智能手机和平台的越来越高的市场渗透,提供了像实时HD视频流、视频会议和游戏这样的更渴望数据的应用程序,因此因此在未来三年内无线载波很可能将不能满足对数据速率的越来越大的需求。据估计,由于诸如LTE的改进的技术以及可供政府使用的更多频谱,从2011年到2015年在欧洲无线网络的容量将增长5倍 [25]。例如,作为国家宽带计划的一部分,FCC正在计划到2020年开通500MHz的频谱(到2015年,其中的300MHz将可用)以推动整个美国的无线因特网连接 [24]。遗憾的是,预测在欧洲到2015年容量使用是2011年的23倍 [25],并且预期在美国到2014年将发生类似的频谱赤字 [26-27]。因为这种数据紧缩,无线载波的收益可能下降到低于它们的CAPEX和OPEX,而这潜在地对无线市场具有破坏性的影响 [28]。

[0027] 因为由LTE部署和增加的频谱可用性所提供的容量增益不足,因此防止这个即将到来的频谱危机的唯一可预测解决方案是推动新无线技术 [29]。LTE-Advanced (LTE标准的演进) 通过更尖端的MIMO技术并且通过增加“小小区”的密度允诺优于LTE的另外增益 [30]。然而,对可配合某一区域而不会招致干扰问题或增加允许小区之间的协调的回程的复杂性的小区数量存在限制。

附图说明

[0028] 本发明或本申请文件涉及至少一幅彩色附图。在请求并支付所需费用后,美国专利商标局将提供具有彩色附图的本专利或专利公开案的副本。

[0029] 从以下结合附图的详细描述中可获得对本发明的更好理解,在附图中:

[0030] 图1示出划分至复用区域和分集区域中的小区;

[0031] 图2示出多个不同区域中的小小区间干扰;

[0032] 图3示出实施例,其中增加从全部以相同频率同时传输的三个基地收发信台 (BTS) 传输的功率,从而允许整个小区有更高水平的干扰;

[0033] 图4示出一个实施例,其中添加许多另外的接入点以刻意增加整个小区的不相干干扰的水平;

[0034] 图5示出本发明一个实施例中所采用的多个LTE网络元件;

[0035] 图6 (A) -6 (C) 示出与LTE帧相关联的细节;

[0036] 图7A -7B 示出是LTE中的最小调制结构并且由一个OFDM子载波 (以频率为单位) 和一个OFDM符号持续时间 (以时间为单位) 组成的“资源元素”;

[0037] 图8示出本发明一个实施例在加州旧金山市区中的实际部署的SNR分布;

[0038] 图9示出本发明一个实施例中所采用的系统架构。

具体实施方式

[0039] 克服许多上述现有技术限制的一种解决方案是分布式输入分布式输出 (DIDO) 技术的实施例。DIDO技术描述于以下专利和专利申请中,所有这些专利和专利申请都转让给本专利的受让人并且以引用方式并入。这些专利和申请在本文中有时共同地称为“相关专利和申请”。

[0040] 名称为“用于多用户频谱的计划演进和淘汰的系统和方法 (System and Methods for planned evolution and obsolescence of multiuser spectrum)”的美国申请序列号13/233,006

[0041] 名称为“在无线系统中利用相关性区域的系统和方法 (Systems and Methods to Exploit Areas of Coherence in Wireless Systems)”的美国申请序列号13/232,996

[0042] 名称为“增强分布式输入分布式输出无线系统中的空间分集的系统和方法 (Systems and Methods to Enhance Spatial Diversity in Distributed Input Distributed Output Wireless Systems)”的美国申请序列号13/475,598。

[0043] 名称为“补偿分布式输入分布式输出系统中的多普勒效应的系统和方法 (System and Methods to Compensate for Doppler Effects in Distributed- Input Distributed Output Systems)”的美国申请序列号13/464,648。

[0044] 2013年9月24日发布的名称为“经由用户聚类协调分布式无线系统中的传输的系统和方法 (Systems And Methods To Coordinate Transmissions In Distributed Wireless Systems Via User Clustering)”的美国专利号8,542,763

[0045] 名称为“分布式输入分布式输出 (DIDO) 通信系统中的干扰管理、切换、功率控制和链路适配 (Interference Management, Handoff, Power Control And Link Adaptation In Distributed-Input Distributed-Output (DIDO) Communication Systems)”的美国申请序列号12/802,988

[0046] 2012年5月1日发布的名称为“用于基于信号强度测量调整DIDO干扰消除的系统和方法 (System And Method For Adjusting DIDO Interference Cancellation Based On Signal Strength Measurements)”的美国专利号 8,170,081

[0047] 名称为“用于管理遍历多个DIDO群集的客户端的群集间切换的系统和方法 (System And Method For Managing Inter-Cluster Handoff Of Clients Which Traverse Multiple DIDO Clusters)”的美国申请序列号12/802,974

[0048] 名称为“用于基于不同分布式输入分布式输出 (DIDO) 网络之间的客户端的检测速度来管理客户端的切换的系统和方法 (System And Method For Managing Handoff Of A Client Between Different Distributed-Input- Distributed-Output (DIDO) Networks Based On Detected Velocity Of The Client)”的美国申请序列号12/802,989

[0049] 名称为“用于分布式输入分布式输出 (DIDO) 网络中的功率控制和天线分组的系统和方法 (System And Method For Power Control And Antenna Grouping In A Distributed-Input-Distributed-Output (DIDO) Network)”的美国申请序列号12/802,958

[0050] 名称为“用于DIDO多载波系统中的链路适配的系统和方法 (System And Method For Link adaptation In DIDO Multicarrier Systems)”的美国申请序列号12/802,975

[0051] 2013年10月29日发布的名称为“用于多载波系统中的DIDO预编码插值的系统和方法 (System And Method For DIDO Precoding Interpolation In Multicarrier Systems)”的美国专利号8,571,086

[0052] 名称为“用于分布式天线无线通信的系统和方法 (System and Method For Distributed Antenna Wireless Communications)”的美国申请序列号 12/630,627

[0053] 2009年10月6日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法

法(System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication)”的美国专利号7,599,420;

[0054] 2009年12月15日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法(System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication)”的美国专利号7,633,994;

[0055] 2009年12月22日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法(System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication)”的美国专利号7,636,381;

[0056] 2012年4月17日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法(System and Method For Distributed Input-Distributed Output Wireless Communications)”的美国专利号8,160,121;

[0057] 2010年5月4日发布的名称为“用于空间复用对流层散射通信的系统和方法(System and Method For Spatial-Multiplexed Tropospheric Scatter Communications)”的美国专利号7,711,030;

[0058] 2008年8月26日发布的名称为“用于分布式输入分布式输出无线通信的系统和方法(System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication)”的美国专利号7,418,053;

[0059] 2011年2月8日发布的名称为“用于使用空时编码增强近垂直入射天波(“NVIS”)通信的系统和方法(System and Method For Enhancing Near Vertical Incidence Skywave(“NVIS”)Communication Using Space-Time Coding)”的美国专利号7,885,354。

[0060] 为减小本专利申请的尺寸和复杂性,以下未明确陈述一些相关专利和申请的公开内容。请参看相关专利和申请以获得对本公开的完整描述。

[0061] 将提供优于无线链路的频谱效率的数量级增大而无常规蜂窝系统的限制的一种有前途的技术是分布式输入分布式输出(DIDO)技术(参见以上在[0002-0020]中所引用的相关专利和申请。本发明描述在蜂窝标准的约束内或无蜂窝标准的约束情况下在蜂窝系统背景下被采用以提供优于常规无线系统的显著性能优点的DIDO技术(诸如,LTE或LTE-Advanced)。以对MIMO的综述开始并且回顾LTE和LTE-Advanced所采用的不同空间处理技术。然后,示出本发明如何提供下一代无线通信系统与现有技术方法相比的显著容量增益。

[0062] MIMO在无线链路的发射器侧和接收器侧采用多根天线并且使用空间处理来经由分集技术提高链路可靠性(即,分集增益)或经由复用方案提供更高数据速率(即,复用增益)[1-2]。分集增益是加强对信号衰落的稳健性从而针对固定数据速率产生更高信噪比(SNR)的度量。复用增益是通过针对固定误差概率利用无线信道的另外空间自由度增加数据速率来获得。MIMO系统中分集与复用之间的基本折衷在[3-4]中描述。

[0063] 在实际MIMO系统中,链路适配技术可用于基于传播条件动态地在分集方案与复用方案之间进行切换[20-23]。例如,[22-23]中所描述的链路适配方案显示波束赋形或正交空时分组码(OSTBC)在低SNR模式下或以低空间选择性为特征的信道中是优选方案。相比之下,空间复用在具有高SNR和高空间选择性的信道的数据速率方面可提供显著增益。例如,图1示出小区可被划分于两个区域中:i)以高SNR为特征(由于临近小区塔或基站)的复用区域101,其中可经由空间复用来利用信道的空间自由度来增加数据速率;ii)分集区域或

小区边缘102,其中空间复用技术不是那么有效并且可使用分集方法来改进SNR和覆盖范围(从而仅产生数据速率的边际增长)。应注意,图1中的宏小区圆圈将圆圈的阴影中心标记为“复用区域”101并且将圆圈的非阴影外区域标记为“分集区域”102。这种同一区域标示贯穿图1-4使用,其中阴影区域是“复用区域”并且非阴影区域是“分集区域”,即使它们未被标记。

[0064] LTE(版本8)和LTE-Advanced(版本10)标准定义一组十种传输模式(TM),包括分集方案或复用方案[35、85-86]:

[0065] • 模式1:单个天线端口,端口0

[0066] • 模式2:传输分集

[0067] • 模式3:大延迟循环延迟分集(CDD),用于单用户MIMO(SU-MIMO)的开环空间复用的延伸

[0068] • 模式4:用于SU-MIMO的闭环空间复用

[0069] • 模式5:多用户MIMO(MU-MIMO)

[0070] • 模式6:使用单个传输层的闭环空间复用

[0071] • 模式7:单个天线端口,UE特定RS(端口5)

[0072] • 模式8:利用UE特定RS的单层或双层传输(端口7和/或8)

[0073] • 模式9:单层或多达八层闭环SU-MIMO(在版本10中添加)

[0074] • 模式10:多层闭环SU-MIMO、多达八层(在版本10中添加)

[0075] 此后描述蜂窝系统中常用的分集方案和复用方案以及如上概述的LTE中所采用的具体方法,并且将它们与DIDO通信所特有的技术进行比较。首先识别两种类型的传输方法:i)小区内方法(在蜂窝系统中利用微分集),其使用多根天线来提高一个小区内的链路可靠性或数据速率;ii)小区间方法(利用宏分集),其允许小区之间进行协作以提供另外的分集或复用增益。然后描述本发明如何提供优于现有技术的显著优点(包括频谱容量增益)。

[0076] 1. 小区内分集方法

[0077] 小区内分集方法在一个小区内操作并且被设计用于在链路质量差的情景(例如,小区边缘处的用户遭受从中心塔或基站开始的高路径损耗)中增加SNR。MIMO通信中所采用的典型分集方案是波束赋形[5-11]和正交空时分组码(OSTBC)[12-15]。

[0078] LTE标准所支持的分集技术是传输分集、闭环秩1预编码和专用波束赋形[31-35]。传输分集方案在下行链路(DL)上支持两根或四根传输天线并且对于上行链路(UL)仅支持两根天线。在DL信道中,传输分集是经由与频率切换传输分集(FSTD)结合以利用空间及频率选择性的空频分组码(SFBC)来实施[31]。秩1预编码基于选自码本(使用有限反馈技术预设计[36-42])的量化权重产生专用于一个用户的波束,以降低从用户设备(UE)到基地收发信台(BTS,或使用LTE技术的eNodeB)的反馈开销。可替代地,专用波束赋形权重可基于UE特定参考信号来计算。

[0079] 2. 小区内复用方法

[0080] MIMO复用方案[1、19]在高SNR模式下以及在信道中具有足够空间自由度的情景(例如,具有高空间选择性的富有多路径的环境[16-18])中提供数据速率方面的增益,以在无线链路上支持多个并行数据流。

[0081] LTE标准支持用于单用户MIMO (SU-MIMO) 和多用户MIMO (MU-MIMO) 的不同复用技术[31]。SU-MIMO方案具有两种操作模式：i) 闭环，其利用来自UE的反馈信息来选择DL预编码权重；ii) 开环，其在来自UE的反馈不可用或UE对于支持闭环方案来说移动太快时使用。闭环方案使用选自码本的一组预计算的权重。取决于UE请求和BTS处的调度程序的决策，这些权重可支持两根或四根传输天线以及一至四个并行数据流（通过预编码矩阵的层数来识别）。LTE-Advanced将包括多达MIMO 8x8 的新传输模式，以经由空间处理提供增加高达8倍的频谱效率[62]。

[0082] MU-MIMO方案针对UL和DL信道两者来定义[31, 50]。在UL中，每个UE向BTS发送参考信号（由Zadoff-Chu序列的循环移位版本组成[33]）。这些参考信号是正交的，使得BTS可估计来自所有UE的信道并且经由空间处理同时解调来自多个UE的数据流。在DL中，针对不同UE的预编码权重基于来自UE的反馈以及调度程序而选自码本（类似于闭环SU-MIMO方案），并且针对每个UE仅秩1预编码被允许（例如，每个UE仅接收一个数据流）。

[0083] 采用空间处理的小区内复用技术仅在以高SNR（或SINR）和高空间选择性为特征的传播情景（富有多路径的环境）中提供令人满意的性能。对于常规宏小区，这些条件可能更难以实现，因为BTS通常远离UE并且 SINR的分布通常集中在低值处[43]。在这些情景中，MU-MIMO方案或分集技术可能是比利用空间复用的SU-MIMO更好的选择。

[0084] 被LTE-Advanced预期用于实现另外的复用增益的其他技术和网络解决方案（不要求通过MIMO的空间处理）是：载波聚合（CA）和小小区。CA[30, 44-47]组合RF频谱的不同部分以将信号带宽增加至高达100MHz [85]，从而产生较高数据速率。带内CA将不同带组合在频谱的同一部分内。这样，带内CA可针对多个信道使用同一RF链，并且多个数据流以软件方式重新组合。带间CA需要不同RF链以在频谱的不同部分下操作，并且需要信号处理以重新组合来自不同带的多个数据流。

[0085] 小小区[30, 47]的关键思想是减小常规宏小区的尺寸，从而每覆盖区域允许更高的小区密度和更大的吞吐量。小小区通常通过与用于宏小区的高且昂贵的小区塔相比具有低功率传输的便宜接入点（如图1中所描绘）来部署。在LTE-Advanced中定义了两种类型的小小区：i) 城域小区，其用于城市地区的户外装置、支持多达32至64个同时的用户；以及ii) 毫微微小区，其用于户内使用、可服务至多4个活动用户。小小区的一个优点是接近BTS的UE的密度在统计上较高，从而产生可经由空间复用被利用来增加数据速率的更好的SNR。然而，仍存在许多关于小小区的实际部署的问题，尤其是涉及回程。实际上，经由高速有线连接到达每个小小区的 BTS可能具有挑战性，尤其是考虑到城域小区和毫微微小区在给定覆盖区域中的高密度。虽然与有线回程相比，使用到小小区的视线（LOS）回程常常可便宜地被实施，但是常常不存在可用于优选小小区BTS布局的实际 LOS回程路径，并且不存在到小小区BTS的非视线（NLOS）无线回程的通用解决方案。最后，小小区需要BTS之间的复杂实时协调以避免如在自组织网络（SON）[30, 51-52]以及用于规划小小区的最佳位置的尖端小区规划工具（由于小小区的更高密度，比常规蜂窝系统更加复杂）[48, 49]中的干扰。

[0086] 可简单地证明，不存在使得小小区能够与宏小区共存并且实现最佳、或必要地甚至提高的吞吐量吞吐量的实际通用解决方案。属于无数此类不可解决的情况之中的是当小小区被定位成使其UE不可避免地与其宏小区传输重叠并且小小区和宏小区使用相同频率来达到它们相应的UE时。在这种情况下清楚的是，宏小区传输将干扰小小区传输。虽然可能

存在某种针对特定宏小区、特定小小区、所涉及的特定宏小区和小小区UE的特定情况、这些UE的吞吐量要求以及环境情况等减轻此类干扰的方法,但是任何此类方法不仅对于宏小区和小小区的静态规划而且对于特定时间间隔的动态情况而言都将是高度特定的。通常,不能实现到每个UE的信道的全吞吐量。

[0087] 3. 小区间分集方法

[0088] 小区间传输技术实现BTS之间的协作以提高无线网络的性能。这些技术是相关专利和申请[0002-0020]中所教导的方法中的特例,其在用于全部同时使用相同频率的多个UE的分布式天线网络的一般情况下实现无线收发器之间的协作。BTS之间针对用于单个UE的蜂窝系统的特定情况在给定时间以给定频率移除小区间干扰的协作描述于[53]中。[53]中的系统将每个宏小区划分成多个子小区,并且通过采用来自协调BTS的专用波束赋形来实现子小区之间的软切换,从而随着其沿子小区边界移动而以单个频率在单个UE处提高链路稳健性。

[0089] 新近,这种类别的协作无线蜂窝网络已经在MIMO著作中定义为“网络MIMO”或“协调多点”(CoMP)系统。关于通过消除小区间干扰在网络MIMO中获得的益处的理论分析和模拟结果呈现于[54-61]中。网络MIMO和CoMP的关键优点是移除图2中所示的小区的重叠区域201-203中的小区间干扰。

[0090] CoMP网络作为减轻下一代蜂窝网络中的小区间干扰的解决方案正有效地成为LTE-Advanced标准的一部分[62-64]。在所述标准中至今已经提出两种移除小区间干扰的CoMP解决方案:i)协调调度/波束赋形(CS/CB),其中经由波束赋形,UE接收其来自仅一个BTS的数据流,并且经由波束赋形或调度技术实现BTS之间的协调以移除干扰;ii)联合处理(JP),其中给定UE的数据联合地从多个BTS被传输以提高接收信号质量并且消除小区间干扰。CoMP-JP比CoMP-CS/CB产生更大增益,其代价为在实现BTS之间的协调的回程方面的更高开销。

[0091] 4. 小区间复用方法

[0092] 现有技术多用户无线系统添加了复杂性并对无线网络引入了限制,这造成给定用户的体验(例如,可用吞吐量、时延、可预测性、可靠性)受区域中的其他用户利用频谱影响的情况。考虑到对由多个用户共享的无线频谱内的总吞吐量的越来越大的需求以及针对给定用户可依赖于多用户无线网络可靠性、可预测性和低时延的应用程序的日渐增多,现有技术多用户无线技术明显遭受着许多限制。实际上,在具有适用于特定类型无线通信的频谱的可用性有限的情况下(例如,在穿透建筑墙方面有效的波长下),现有技术无线技术将不足以满足对可靠、可预测且低时延的带宽的越来越高的需求。

[0093] 对于LTE,现有技术小区内分集和复用方法可仅提供比当前蜂窝网络增加多达理论4倍(通过MIMO 4x4)的吞吐量,或对于LTE-Advanced提供增加至多理论8倍(通过MIMO 8x8)的吞吐量,但较高阶MIMO在给定多路径环境中在增加吞吐量方面实现减小的改进,具体地讲是因为UE(诸如,智能手机)就天线布局而言变得更小并且更受约束。下一代蜂窝系统中的其他边际吞吐量增益可从经由载波聚合技术被利用的另外的频谱分配(例如,FCC国家宽带计划)以及经由小小区网络和SON进行的BTS的更密分布来获得[30、46]。然而,所有上述技术仍极大地依赖于频谱或时间共享技术来实现多用户传输,因为通过空间处理所获得的频谱效率增益是有限的。

[0094] 虽然现有技术小区间方法(例如,网络MIMO和CoMP系统[53-64])可通过消除小区间干扰来提高蜂窝网络的可靠性,但它们的容量增益仅是边际的。实际上,这些系统将从每个BTS传输的功率约束为包含在小区边界内,并且由于小区之间的功率泄漏而仅对消除小区间干扰有效。图2示出具有三个BTS 210-212的蜂窝网络的一个实例,每个蜂窝网络均以其自己的覆盖区域或小区为特征。从每个BTS 210-212传输的功率被约束以限制小区之间的干扰量,所述干扰在图2中由小区重叠的区域描绘。因为这些系统在干扰区域处在低SINR模式下操作,所以它们在频谱效率上的增益仅是边际的,这类似于用于SU-MIMO的小区方案。为真实地在小区间协作网络中获得显著容量增益,限制于小区边界的功率约束必须放宽,并且空间复用技术应遍及SINR高的小区来启用(不仅如现有技术方法中那样在具有差SINR性能的小区边缘处)。

[0095] 因此将需要的是提供一种系统,其通过移除对从分布式BTS传输的功率的任何约束并且经由空间处理利用小区间复用增益来实现频谱效率的数量级增加。图3示出增加从全部以相同频率同时传输的三个BTS 301-303 传输的功率,从而允许整个小区有更高水平的干扰的情况。在现有技术系统中,此类干扰将遍及BTS的干扰区域产生不相干干扰(扰乱UE信号接收),但实际上在本发明的实施例中通过使用空间处理的新型小区间复用方法来利用这种干扰,以在每个UE周围产生具有相干干扰(增强UE信号接收)的区域,从而向每个UE提供同时非干扰数据流并且遍及小区增大它们的SINR。

[0096] 在本发明的示例性实施例中,这种小区间复用增益通过分布式输入分布式输出(DIDO)系统来实现[0014-0020]和[77-78]。图4示出一个实例,其中添加了许多另外的接入点401以刻意增加整个小区的不相干干扰的水平,所述不相干干扰在本发明中被利用来在UE周围产生具有相干干扰的区域并且产生小区间复用增益。这些另外的BTS可以是类似于便宜Wi-Fi接入点的低功率收发器,从而提供如图4中所示的与整个宏小区重叠的较小的覆盖区域。

[0097] 我们观察到,现有技术小区间方法通过有意地限制来自如图2中的每个BTS 210-212的传输功率来避免不相干干扰,并且经由空间处理消除残余的小区间干扰(在小区之间的重叠区域上),从而提供改进的SINR和小区间分集增益。相比之下,本发明通过以下方式利用非相干干扰在UE周围产生相干干扰:从每个BTS传输更高功率,从而提高UE处的信号质量,这是经由空间处理遍及小区获得小区间复用增益的必要条件。这样,因为遍及小区并不存在足以实现如本发明中的小区间复用方法的信号质量(由于来自BTS的有限传输功率),所以现有技术中所描述的系统不能用于经由空间处理来实现小区间复用增益。此外,现有技术中所描述的系统将不可操作来实现图3-4中所描绘的在本发明中所实现的复用增益,假定现有技术系统被设计用于避免图1-4的阴影区域中所示的分集区域内的小区间干扰,而不是利用复用区域中的小区间干扰来获得如本发明中所实现的小区间复用增益。

[0098] 本发明的实施例包括用于采用具有多用户(MU)传输的多天线系统(MAS)(多用户多天线系统或“MU-MAS”),经由空间处理在无线通信网络中利用小区间复用增益的系统和方法。在本发明的一个实施例中,从多根天线传输的功率被约束以使小区边界处的干扰最小化(如在常规蜂窝系统中那样),并且空间处理方法仅被采用来消除小区间干扰。在本发明的另一个实施例中,从多根天线传输的功率未被约束于任何特定功率水平(只要它们的功率发射水平落在规制或安全限制内),从而有意地遍及小区产生更高水平的小区间干扰,

所述小区间干扰被利用来实现小区间复用增益并且增加无线通信网络的容量。

[0099] 在一个实施例中,无线通信网络是如图1-2中的蜂窝网络,诸如基于LTE标准的蜂窝网络。在本发明的另一个实施例中,无线通信网络未被约束于任何特定小区布局,并且小区边界可如图3-4中在较大区域上延伸。例如,无线通信网络可以是无线局域网(WLAN),或网状、特用或传感器网络,或分布式天线系统,或具有非刻意布置而无任何传输功率约束的接入点的DIDO系统。但是,此类示例性网络结构不应被认为限制本发明对无线通信网络的普遍适用性。本发明适用于任何无线网络,其中通过从多根天线传输在由多个UE接收时进行干扰的信号以便产生到多个UE的同时非干扰数据流来实现复用增益。

[0100] 如图9中所示,MU-MAS的一个实施例由集中式处理器901、基站网络(BSN)902以及也称为用户设备UE的N个客户端装置(示出为UE 1-4)进行无线通信的M个基地收发信台(BTS)903组成。集中式处理器单元901通过网络900(例如,因特网)接收旨在用于不同客户端装置UE 1-4的具有不同网络内容C1-5(例如,网页服务器或其他网络源流出的视频、网页、视频游戏、文本、语音等)的N个信息流。此后,使用术语“信息流”来指代通过网络900发送的含有信息的任何数据流,所述数据流可根据某些调制/编码方案或协议被解调或解码成独立流以产生任何数据,包括但不限于音频、网页和视频内容。在一个实施例中,信息流是可被解调或解码成独立流的携带网络内容的比特序列。

[0101] 集中式处理器901利用预编码变换将N个信息流从网络内容组合(根据算法,诸如相关专利和申请中所描述的那些)成M个比特流。通过举例而非限制的方式,预编码变换可以是线性的(例如,迫零[65]、块对角化[66-67]、矩阵求逆等)或非线性的(例如,污纸编码[68-70]或Tomlinson-Harashima预编码[71-72]、点阵技术或网格预编码[73-74]、矢量微扰技术[75-76])。此后,使用术语“比特流”来指代不一定含有任何有用信息比特并且因此不可被解调或解码成独立流以检索网络内容的任何比特序列。在本发明的一个实施例中,比特流是由集中式处理器产生并且针对将发送至M个收发信台之一的给定比特数而被量化的复杂基带信号。

[0102] 在一个实施例中,MAS是如相关专利和专利申请中所描述的分布式输入分布式输出(DIDO)系统。在这个实施例中,DIDO系统由以下各者组成:

[0103] • 用户设备(UE)1-4:用于固定或移动客户端通过下行链路(DL)信道从DIDO回程接收数据流并且经由上行链路(UL)信道向DIDO回程传输数据的RF收发器

[0104] • 基地收发信台(BTS)903:BTS利用无线信道与DIDO回程对接。一个实施例的BTS是由将基带信号转换成RF的DAC/ADC和射频(RF)链组成的接入点。在一些情况下,BTS是配备有功率放大器/天线的简单RF收发器,并且RF信号经由光纤传输RF技术被携带至BTS,如相关专利和申请中所描述。

[0105] • 控制器(CTR)905:CTR 905是一种特定类型的BTS,其被设计用于某些专门特征,诸如传输用于BTS和/或UE的时间/频率同步的训练信号、从/向UE接收/传输控制信息、从UE接收信道状态信息(CSI)或信道质量信息。一个或多个CTR站可被包括在任何DIDO系统中。当多个CTR可用时,去往或来自这些站点的信息可被组合以增加多样性并提高链路质量。在一个实施例中,经由最大比值合并(MRC)技术从多个CTR接收CSI以改进CSI解调。在另一个实施例中,经由最大比值传输(MRT)来从多个CTR发送控制信息以改进接收器侧的SNR。本发明的范围不限于MRC或MRT,并且任何其他分集技术(诸如,天线选择等)可被采用来改进

CTR与UE之间的无线链路。

[0106] • 集中式处理器 (CP) 901: CP是利用DIDO回程与因特网或其他类型的外部网络对接的DIDO服务器。在一个实施例中, CP计算 DIDO基带处理并且向分布式BTS发送波形以用于DL传输

[0107] • 基站网络 (BSN) 902: BSN是将CP连接至分布式BTS的网络, 其携带用于DL或UL信道的信息。BSN是有线或无线网络或两者的组合。例如, BSN是DSL、缆线、光纤网络, 或视线 (LOS) 或非视线 (NLOS) 无线链路。此外, BSN是专有网络或局域网络或因特网。

[0108] 此后描述上述DIDO系统框架可如何合并至用于蜂窝系统 (并且还有利用LTE协议的非蜂窝系统) 的LTE标准中, 以实现频谱效率上的另外增益。以对LTE框架以及DL和UL信道中所采用的调制技术的总体综述开始。然后提供对LTE标准下的物理层帧结构和资源分配的简述。最后, 定义用于使用LTE框架的多用户情景中的下行链路 (DL) 和上行链路 (UL) 信道的DIDO预编码方法。对于DL方案, 提出两种解决方案: 开环和闭环DIDO方案。

[0109] LTE被设计成具有扁平网络构架 (这与来自先前蜂窝标准的分层架构相反) 以允许: 减小时延、经由ARQ减少数据包丢失、减少呼叫建立时间、经由宏分集改进覆盖范围和吞吐量。图5中所描绘的LTE网络中的网络元件是 [79]:

[0110] • GW (网关) 501-502: 是将LTE网络连接至外部网络 (即, 因特网) 的路由器。GW分成端接E-UTRAN接口的服务网关 (S- GW) 502以及系与外部网络的接口的PDN网关 (P-GW) 501。S- GW 502和P-GW 501是所谓的演进分组核心 (EPC) 的部分;

[0111] • MME (移动性管理实体) 503: 管理移动性、安全参数和UE识别。MME 503也是LTE EPC的部分;

[0112] • eNodeB (增强型Node-B) 504: 是处理无线电资源管理、用户移动性和调度的基站; 以及

[0113] • UE (用户设备) 505: 是移动站。

[0114] 在本发明的一个实施例中, LTE网络是DIDO网络, 其中DIDO-UE是 LTE网络中的UE、DIDO-BTS是LTE eNodeB、DIDO-CTR是LTE eNodeB 或MME、DIDO-CP是LTE GW。

[0115] LTE帧具有10毫秒的持续时间并且由如图6 (A) -6 (C) 中所描绘的十个子帧组成 [33, 80]。每个子帧被划分成各自具有0.5毫秒持续时间的两个时隙。LTE标准定义两种类型的帧: i) 用于如图6 (A) 中的FDD操作的类型1, 其中所有子帧被分配用于下行链路 (DL) 或上行链路 (UL) 信道; ii) 用于如图6 (B) 中的TDD操作的类型2, 其中部分子帧被分配给DL并且部分被分配给UL (取决于所选择的配置), 而少数子帧被保留用于“特殊用途”。每帧至少存在一个特殊子帧并且所述子帧由三个字段组成: i) 被保留用于 DL传输的下行链路导频时隙 (DwPTS); ii) 保护时段 (GP); iii) 用于 UL传输的上行链路导频时隙 (UpPTS)。

[0116] LTE针对DL采用正交频分复用 (OFDM) 和正交频分多址 (OFMDA) 调制并且针对UL采用单载波FDMA (SC-FDMA)。“资源元素” (RE) 是LTE中的最小调制结构并且由一个OFDM子载波 (以频率为单位) 和一个OFDM符号持续时间 (以时间为单位) 组成, 如图7A-7B 中所示。“资源块” (RB) 由12个子载波 (以频率为单位) 和一个0.5毫秒时隙 (以时间为单位) (取决于DL对比UL信道和循环前缀的类型由3至 7个OFDM符号时段组成) 组成。

[0117] 1. LTE中的下行链路闭环DIDO

[0118] DIDO闭环方案可用于时分双工 (TDD) 或频分双工 (FDD) 系统中。在FDD系统中, DL和

UL信道在不同频率下操作,并且因此必须在 UE侧估计DL信道状态信息(CSI)并且经由BTS或CTR经由UL信道将其回报给CP。在TDD系统中,DL和UL信道设定在相同频率下并且系统可采用利用信道互易性的闭环技术或开环方案(如以下章节中所描述)。闭环方案的主要缺点是它们需要反馈,从而导致通过UL传输的控制信息的较大开销。

[0119] 用于DIDO系统中的闭环方案的机制的一个实施例如如下:i) BTS 903 通过DL向UE发送信令信息;ii) UE利用所述信令信息来估计来自所有“活动BTS”的DL信道状态信息(CSI);iii) UE量化DL CSI或使用码本选择将用于下一次传输的预编码权重;iv) UE经由UL信道向BTS 903 或CTR 905发送量化的CSI或码本索引;v) BTS 903或CTR 905向计算通过DL传输数据的预编码权重的CP 901报告CSI信息或码本索引。“活动 BTS”被定义为由给定UE达到的一组BTS。例如,在名称为“用于管理遍历多个DIDO群集的客户端的群集间切换的系统和方法(System And Method For Managing Inter-Cluster Handoff Of Clients Which Traverse Multiple DIDO Clusters)”的相关共同待决的美国申请序列号12/802,974以及名称为“经由用户聚类协调分布式无线系统中的传输的系统和方法(Systems And Methods To Coordinate Transmissions In Distributed Wireless Systems Via User Clustering)”的相关共同待决的美国申请序列号12/917,257中,将“用户群集”定义为由给定UE达到的一组BTS。活动BTS的数量限制于用户群集,以便减小将要估计的从BTS到给定UE的CSI量,从而降低通过UL进行反馈的开销以及CP 901处的DIDO预编码计算的复杂性。

[0120] 1.1 LTE标准内的下行链路DIDO信令

[0121] LTE标准定义可用于闭环方案中的DL信令的两种类型的参考信号(RS) [33、50、82-83]: i) 小区特定参考信号(CRS); ii) UE特定 RS,诸如信道状态信息(CSI)参考信号(CSI-RS)和解调RS(DM-RS)。小区特定RS不被预编码,而UE特定RS被预编码[50]。CRS用于采用每个小区中具有多达四根天线的基于码本的SU/MU-MIMO技术的 LTE版本8中。LTE-Advanced版本10支持具有多达八根传输天线的非基于码本的SU/MU-MIMO方案以及具有分布在不同小区上的天线的CoMP 方案。这样,版本10允许经由CSI-RS进行更灵活的信令方案。在本发明中,描述任一类型的信令方案可如何用于DIDO系统中以实现预编码。

[0122] 1.1.1 使用CRS的DIDO信令

[0123] CRS在LTE(版本8)系统中被采用来估计从BTS处的所有传输天线到UE的CSI [80、84]。CRS作为二维正交序列与二维伪随机数字(PRN) 序列的乘积来获得。存在3个正交序列和170个可能的PRN序列,获得共 510个不同的CRS序列。每个序列唯一地识别一个小区。CRS在每个时隙的第一OFDM符号和倒数第三OFDM符号内并且每第六个子载波处被传输。时间和频率的正交模式针对BTS的每根传输天线、针对UE被设计,以唯一地估计来自四根天线中的每一根的CSI。产生5%开销的这种在时间和频率上的CRS高密度(即,以每0.5毫秒的时隙并且在每第六个子载波处被发送)被有意地设计用于支持随时间和频率具有快速信道变化的情景 [83]。

[0124] 在实际DIDO系统中,这可能是每个UE在其用户群集内经历多于仅四个BTS的情况。例如,图8示出用于加州旧金山市区中的DIDO系统的实际部署的SNR分布。传播模型基于3GPP路径损耗/阴影模型[81],并且假设900MHz的载波频率。地图中的点指示DIDO-BTS的位置,而暗圈表示用户群集(其中UE位于圆圈的中心处)。在人口稀疏的区域中,UE在其用户群集内仅看到少数BTS(例如,针对图8中的实例,少至3个 BTS),而在人口密集的区域中,每个

用户群集可包括多达26个BTS,如在图8中。

[0125] 在DIDO系统中可利用CRS的高冗余度来实现来自多于四根的任何数量的传输天线的CSI估计。例如,如果信道是固定无线的或以低多普勒效应为特征,那么无需每0.5毫秒(时隙持续时间)计算来自所有四根传输天线的CSI。同样地,如果信道是频率平坦的,那么在每第六个子载波处估计CSI是冗余的。在所述情况下,由冗余CRS所占的资源元素(RE)可以针对DIDO系统中的其他传输天线或BTS重新分配。在本发明的一个实施例中,系统将冗余CRS的资源元素分配给DIDO系统中的额外天线或BTS。在另一个实施例中,系统估计信道的时间和频率选择性并且针对不同BTS 或仅用户群集内的BTS动态地将CRS分配给不同资源元素。

[0126] 1.1.2 使用CSI-RS和DM-RS的DIDO信令

[0127] 在LTE-Advanced (版本10) 标准中,CSI-RS由每个UE用来估计来自BTS的CSI [33、83]。所述标准针对BTS处的不同发射器定义正交CSI-RS,使得UE可区分来自不同BTS的CSI。BTS处的多达八根传输天线由CSI-RS支持,如[33]中的表6.10.5.2-1,2。CSI-RS周期性地被发送,所述周期性的范围在5个与80个子帧之间(即,CSI-RS每5至80毫秒被发送),如在[33]中的表6.10.5.3-1中。LTE-Advanced中的CSI-RS的周期性被有意地设计成大于LTE中的CRS以避免控制信息的过度开销,具体地讲是因为传统LTE终端不能利用这些额外的资源。用于CSI估计的另一种参考信号是解调RS (DM-RS)。DM-RS是旨在到达特定UE并且仅在被分配用于传输至所述UE的资源块中被传输的解调参考信号。

[0128] 当多于八根天线(LTE-Advanced标准所支持的发射器的最大数量)位于用户群集内时,必须采用替代技术来实现DIDO预编码,同时维持系统对LTE-Advanced标准的符合性。在本发明的一个实施例中,每个UE使用CSI-RS或DM-RS或两者的组合来估计来自其自己的用户群集中的所有活动BTS的CSI。在同一实施例中,DIDO系统检测用户群集内的BTS数量,并且检测用户群集是否符合LTE-Advanced标准(支持至多八根天线)。如果用户群集不符合,那么DIDO系统采用替代技术来实现从BTS 到当前UE的DL信令。在一个实施例中,减小来自BTS的传输功率,直至至多八个BTS可由其用户群集内的UE达到。然而,因为覆盖范围将减小,这种解决方案可导致数据速率下降。

[0129] 另一种解决方案是将用户群集中的BTS划分成多个子组并且每次针对每个子组发送一组CSI-RS。例如,如果CSI-RS周期性如在[33]中的表6.10.5.3-1中是5个子帧(即,5毫秒),那么CSI-RS每5毫秒从新的BTS子组被发送。应注意,只要CSI-RS周期性短得足以在UE的信道相干时间(其是UE的多普勒速度的函数)内覆盖所有BTS子组,这种解决方案就会起作用。例如,如果所选择的CSI-RS周期性是5毫秒并且信道相干时间是100毫秒,那么有可能在用户群集内定义多达各自具有8个BTS的20个BTS子组,合计达共160个BTS。在本发明的另一个实施例中,DIDO系统估计UE的信道相干时间,并且针对给定CSI-RS周期性决定用户群集内可支持多少BTS,以避免由于信道变化和“多普勒效应”造成的退化。

[0130] 所提出的用于CSI-RS的解决方案至今全部符合LTE标准并且可在常规LTE系统的框架内被部署。例如,所提出的每用户群集允许多于八根天线的方法将无需修改UE LTE硬件和软件的具体实施,并且仅稍微修改在BTS和CP处使用的协议,就可在任何给定时间实现对BTS子组的选择。这些修改可容易地在基于云的软件定义的无线电(SDR)平台中实施,所述平台是一种有前途的用于DIDO系统的部署范例。可替代地,如果有可能放宽LTE标准的

约束并且开发出用于LTE UE的稍微修改的硬件和软件以支持类似但不符合LTE的DIDO操作模式,以便使得UE能够以完全符合LTE的模式或以支持不符合LTE的DIDO操作的修改的模式进行操作。例如,另一种解决方案是增加CSI-RS的量以在系统中实现更高数量的 BTS。在本发明的另一个实施例中,允许不同CSI-RS模式和周期性作为增加每用户群集所支持BTS数量的手段。此类对LTE标准的稍微修改可以足够小,以使得现有LTE UE芯片组可通过简单的软件修改来使用。或者,如果将需要对芯片组进行硬件修改,那么改变将是小的。

[0131] 1.2 LTE标准内的上行链路DIDO CSI反馈方法

[0132] 在LTE和LTE-Advanced标准中,UE通过DL信道向BTS反馈信息以传达其当前信道条件以及用于闭环传输的预编码权重。这些不同信道指示符包括在那些标准中[35]:

[0133] • 秩指示符(RI):指示多少空间流被传输至给定UE。这个数量始终等于或小于传输天线的数量。

[0134] • 预编码矩阵指示符(PMI):是用于通过DL信道进行预编码的码本的索引。

[0135] • 信道质量指示符(CQI):定义用于通过DL来针对给定信道条件维持预定义误码率性能的调制和前向纠错(FEC)编码方案

[0136] 针对整个带宽仅报告一个RI,而PMI和CQI报告可以是宽带的或是每子带的,这取决于信道的频率选择性。这些指示符通过两种不同类型的物理信道在UL中被传输:i)仅用于控制信息的物理上行链路控制信道(PUCCH);ii)用于数据和控制信息两者、在一个资源块(RB)上并且在子帧的基础上被分配的物理上行链路共享信道(PUSCH)。在PUCCH上,用于报告RI、PMI和CQI的程序是周期性的,并且指示符可以是宽带的(对于频率平坦的信道)或UE在子带基础上所选择的(对于频率选择性信道)。在PUSCH上,反馈程序是非周期性的并且可以是UE在子带基础上所选择的(对于频率选择性信道)或较高层配置的子带(例如,用于具有八个发射器的LTE-Advance中的传输模式9)。

[0137] 在本发明的一个实施例中,DIDO系统采用RI、PMI和CQI来向BTS和CP报告其当前信道条件以及预编码信息。在一个实施例中,UE使用PUCCH信道向CP报告这些指示符。在另一个实施例中,假使DIDO预编码需要较大量的指示符,UE采用PUSCH向CP报告另外的指示符。假使信道是频率平坦的,UE可针对DIDO系统中的较大量的天线利用额外的UL资源来报告PMI。在本发明的一个实施例中,UE或BTS或CP估计信道频率选择性,并且假使信道是频率平坦的,UE针对较大量的BTS利用额外的UL资源来报告PMI。

[0138] 2. LTE中的下行链路开环DIDO

[0139] DIDO开环方案可仅用于利用信道互易性的时分双工(TDD)系统中。用于DIDO系统中的开环方案的机制的一个实施例如下:i)UE 1-4通过UL向BTS 903或CTR 905发送信令信息;ii)BTS 903或CTR 905利用所述信令信息估计来自所有UE 1-4的UL CSI;iii)BTS 903或CTR 905采用RF校准来将UL CSI转换成DL CSI;iv)BTS 903或CTR 905经由BSN 902向CP发送DL CSI或码本索引;v)基于所述DL CSI,CP 901计算通过DL传输数据的预编码权重。类似于闭环DIDO方案,可采用用户群集来减小要在BTS处估计的来自UE的CSI的量,从而减少BTS处的计算负担以及UL上要求的信令的量。在本发明的一个实施例中,开环预编码技术被采用来通过DL信道从BTS向UE发送同时非干扰数据流。

[0140] 在LTE中,针对上行链路信道存在两种类型的参考信号[31、33、87]:i)用于调度和链路适配的探测参考信号(SRS);ii)用于数据接收的解调参考信号(DMRS)。在本发明的

一个实施例中, SRS或DMRS在开环DIDO系统中被采用来估计从所有UE到所有BTS的UL信道。在时域中, DMRS在每个LTE时隙(具有0.5毫秒持续时间)的第四个OFDM符号(当使用正常循环前缀时)处被发送。在频域中, 通过PUSCH被发送的 DMRS针对每个UE被映射至由所述UE用于UL数据传输的同一资源块(RB)。

[0141] DMRS的长度是 $M^{RS} = mN^{RB}$, 其中 m 是RB的数量并且 $N^{RB} = 12$ 是每RB的子载波数量。为支持多个UE, 经由基序列的循环移位通过一个 Zadoff-Chu基序列[88]或计算机产生的恒幅零自相关(CG-CAZAC)序列产生若干DMRS。基序列被划分成30个群组并且相邻LTE小区从不同群组选择DMRS以减小小区间干扰。例如, 如果一个OFDM符号内的资源块的最大数量是110(即, 假设20MHz总信号带宽), 那么有可能产生多达 $110 \times 30 = 3300$ 个不同序列。

[0142] 在本发明的一个实施例中, DIDO系统将UE分配给“虚拟小区”以使 UL中可使用的SRS或DMRS的数量最大化。在一个示例性实施例中, 虚拟小区是UE周围具有相关性的区域(描述于名称为“在无线系统中利用相关性区域的系统和方法(Systems and Methods to Exploit Areas of Coherence in Wireless Systems)”的相关共同待决的美国申请序列号13/232,996中), 并且DIDO系统针对不同UE产生多达3300个具有相关性的区域。在本发明的另一个实施例中, 30个基序列中的每一个被分配给不同DIDO群集(群集在2012年5月1日发布的名称为“用于基于信号强度测量调整DIDO干扰消除的系统和方法(System And Method For Adjusting DIDO Interference Cancellation Based On Signal Strength Measurements)”的相关美国专利号8,170,081中被定义), 以减小邻近DIDO群集之间的群集间干扰。在另一个实施例中, SRS或DMRS根据某些跳频图案被分配以利用信道频率分集。

[0143] 假使针对将在DL中经由DIDO预编码同时被服务的所有UE存在不足的正交SRS或DMRS, 那么一种替代方案是在时域中复用不同UE的SRS或DMRS。例如, UE被划分成不同群组, 并且用于这些群组的SRS或DMRS在连续时隙(各自具有0.5毫秒持续时间)内被发送。然而, 在这种情况下, 有必要保证不同群组的SRS或DMRS分配的周期性低于最快移动UE的信道相干时间。实际上, 这是保证信道从经由SRS或DMRS估计出CSI的时间到系统经由DIDO预编码向UE传输DL数据流的时间针对所有UE都不改变的必要条件。在本发明的一个实施例中, 系统将活动UE划分成群组, 并且在连续时隙内将同一组SRS或DMRS分配给每个群组。在同一实施例中, 系统针对所有活动UE估计最短信道相干时间, 并且基于所述信息计算UE群组的最大数量以及SRS或DMRS时间复用的周期性。

[0144] 3. LTE中的上行链路DIDO技术

[0145] 本发明的实施例在UL信道上采用开环MU-MIMO方案以接收从所有UE到BTS的同时UL数据流。UL开环MU-MIMO方案的一个实施例包括以下步骤: i) UE 1-4向所有BTS 903发送信令信息和数据负载; ii) BTS 903使用信令信息计算来自所有UE的信道估计; iii) BTS 903向CP 901发送信道估计和数据负载; iv) CP 901使用信道估计经由空间滤波来移除来自所有UE的数据负载的信道间干扰并且解调来自所有UE的数据流。在一个实施例中, 开环MU-MIMO系统采用单载波频分多址(SC-FDMA)来增加从UE到BTS的UL信道的数量并且在频域中对它们进行复用。

[0146] 在一个实施例中, UE之间的同步经由来自DL的信令来实现, 并且所有BTS 903被假设为经由直接连线至同一时钟或共享公共时间/频率参考(在一个实施例中, 通过GPSDO)而被锁定至同一时间/频率参考时钟。不同UE处的信道延迟扩展的变化可在不同UE的时间

参考之间产生时基误差,这可能影响通过UL执行MU-MIMO方法。在一个实施例中,仅同一DIDO群集内的UE(例如,彼此紧密邻近的UE)利用MU-MIMO方法来处理以减小不同UE之间的相对传播延迟扩展。在另一个实施例中,UE之间的相对传播延迟在UE处或在BTS处被补偿,以保证BTS 903处同时接收来自不同UE 1-4的数据负载。

[0147] 用于通过UL实现用于数据解调的信令信息的技术可以是用于先前章节处所描述的下行链路开环DIDO方案中的信令的相同方法。CP 901可以采用不同空间处理技术来移除来自UE数据负载的信道间干扰。在本发明的一个实施例中,CP 901采用非线性空间处理方法,诸如最大似然(ML)、决策反馈均衡(DFE)或串行干扰消除(SIC)接收器。在另一个实施例中,CP 901采用线性滤波器,诸如迫零(ZF)或最小均方误差(MMSE)接收器来消除共信道干扰并且单独地解调上行链路数据流。

[0148] 4. 与现有LTE网络集成

[0149] 在美国和世界上的其他地区,LTE网络已经投入运行或处于部署和/或致力于部署的过程中。这对于LTE运营商将是显著有益的,如果他们可以逐渐地将DIDO能力部署到他们的现有或已经致力于的部署中。以此方式,他们可在DIDO将提供最大即时益处的区域中部署DIDO,并且逐渐地推广DIDO能力以覆盖他们的更多网络。适时地,一旦他们在区域中具有足够的DIDO覆盖,他们就可以选择彻底地停止使用小区,并且替代地彻底切换成DIDO并且以低得多的成本实现高得多的频谱密度。贯穿这种从蜂窝到DIDO的整个过渡,LTE运营商的无线客户将永不经历服务损失。相反,他们将仅仅经历他们的数据吞吐量和可靠性改进,而运营商将经历其成本降低。

[0150] 有若干实施例将实现DIDO到现有LTE网络的逐渐集成。在所有情况下,用于DIDO的BTS将称为DIDO-LTE BTS并且将利用上述LTE兼容的DIDO实施例或如在将来可能开发出的其他LTE兼容的实施例中的一者。或者,DIDO-LTE BTS将利用LTE标准的稍微改变的型式,诸如上述那些,并且将更新UE(例如,如果软件更新足以将UE修改成是DIDO兼容的),或将部署DIDO兼容的新一代UE。在任一情况下,在LTE标准的约束内或作为LTE标准的变体支持DIDO的新BTS在下文将称为DIDO-LTE BTS。

[0151] LTE标准支持各种信道带宽(例如,1.4、3、5、10、15和20MHz)。在一个实施例中,具有现有LTE网络的运营商可为LTE-DIDO BTS分配新带宽,或将细分现有LTE频谱(例如,可将20MHz细分成两个10MHz块)以在一个频谱块中支持蜂窝配置中的常规LTE BTS并且在另一个频谱块中支持DIDO LTE BTS。有效地,这将建立两个单独的LTE网络,并且UE装置将被配置用于使用一个或另一个网络,或在所述两个网络之间进行选择。在细分频谱的情况下,可在常规LTE网络与DIDO-LTE网络之间均匀地划分频谱,或不均匀地将更多频谱分配给可在给定蜂窝LTE BTS和DIDO-LTE BTS部署层次和/或UE使用模式时最佳地利用频谱的任何网络。这种细分可随时间根据需要进行改变,并且在某一时刻,当所存在的部署的DIDO-LTE BTS足以提供与蜂窝BTS相同或更好的覆盖时,可将频谱全部分配给DIDO-LTE BTS,并且可以停运蜂窝BTS。

[0152] 在另一个实施例中,常规蜂窝LTE BTS可被配置用于与DIDO-LTE BTS协调,使得它们共享同一频谱但轮流使用频谱。例如,如果它们均等地共享频谱使用,那么每个BTS网络将交替地利用一个10ms帧时,例如用于蜂窝LTE BTS的一个10ms帧、之后是用于DIDO-LTE BTS的一个10ms帧。帧时也可被细分成不等的间隔。这种间隔分裂可随时间根据需要进行

改变,并且在某一时刻,当所存在的部署的DIDO-LTE BTS足以提供与蜂窝BTS相同或更好的覆盖时,可将时间全部分配给DIDO-LTE BTS,并且可以停运蜂窝BTS。

[0153] 在本发明的另一个实施例中,DIDO被用作到LTE和LTE-Advanced网络中的小小小区的LOS或NLOS无线回程。因为小小小区部署在LTE网络中,DIDO提供到这些小小小区的高速无线回程。随着对更高数据速率的需求的增长,向网络添加更多小小小区,直至无线网络达到一种限制,即其中在不引起小区间干扰的情况下,在给定区域中不可添加更多小小小区。在本发明的同一实施例中,DIDO BTS用于逐渐取代小小小区,从而利用小区间干扰来提供增加的网络容量。

[0154] 参考文献

[0155] [1]A.Paulraj,R.Nabar,and D.Gore,Introduction to Space-Time Wireless Communications (空时无线通信简介),Cambridge University Press,40West 20th Street,New York,NY,USA,2003

[0156] [2]D.Gesbert,M.Shafi,D.Shiu,P.J.Smith and A.Naguib,From theory to practice:an overview of MIMO space-time coded wireless systems“(从理论到实践:MIMO空时编码无线系统综述)”,IEEE Journal on Selected Areas on Communications, vol.2, n.3,pp.281-302,Apr.2003

[0157] [3]L.Zheng and D.N.C.Tse,“Diversity and multiplexing:a fundamental tradeoff in multiple-antenna channels (分集和复用:多天线信道中的基本折衷)”,IEEE Trans.Info.Th.,vol.49,no. 5,pp.1073-1096,May 2003

[0158] [4]D.N.C.Tse,P.Viswanath,and L.Zheng,Diversity-multiplexing tradeoff in multiple-access channels“(多址信道中的分集-复用折衷)”,IEEE Trans.Info.Th., vol.50,no.9,pp.1859-1874,Sept. 2004

[0159] [5]E.Visotsky and U.Madhow,“Space-time transmit precoding with imperfect feedback (具有不完全反馈的空时传输预编码)”, IEEE Trans.Info.Th., vol.47,pp.2632-2639,Sep.2001。

[0160] [6]S.A.Jafar,S.Vishwanath,and A.Goldsmith,“Channel capacity and beamforming for multiple transmit and receive antennas with covariance feedback (具有协方差反馈的多根传输和接收天线的信道容量和波束赋形)”,Proc.IEEE Int.Conf.on Comm.,vol.7, pp.2266-2270,Jun.2001。

[0161] [7]S.A.Jafar and A.Goldsmith,“Transmitter optimization and optimality of beamforming for multiple antenna systems (多天线系统的波束赋形的发射器优化和最优性)”,IEEE Trans.Wireless Comm.,vol.3,pp.1165-1175,July 2004。

[0162] [8]E.A.Jorswieck and H.Boche,“Channel capacity and capacity- range of beamforming in MIMO wireless systems under correlated fading with covariance feedback (相关衰落下具有协方差反馈的 MIMO无线系统中的波束赋形的信道容量和容量范围)”, IEEE Trans.Wireless Comm.,vol.3,pp.1543-1553,Sep.2004。

[0163] [9]A.L. Moustakas and S.H.Simon,“Optimizing multiple-input single-output (MISO) communication systems with general Gaussian channels:nontrivial covariance and nonzero mean (优化具有一般高斯信道的多输入单输出 (MISO) 通信系统:

非平凡协方差和非零均值)”,IEEE Trans.Info.Th.,vol.49,pp.2770-2780,Oct. 2003。

[0164] [10]M.Kang and M.S.Alouini,“Water-filling capacity and beamforming performance of MIMO systems with covariance feedback(具有协方差反馈的MIMO系统的注水容量和波束赋形性能)”,IEEE Work.on Sign.Proc.Adv.in Wire.Comm.,pp. 556-560,June 2003。

[0165] [11]S.H.Simon and A.L. Moustakas,“Optimizing MIMO antenna systems with channel covariance feedback(优化具有信道协方差反馈的MIMO天线系统)”,IEEE Jour.Select.Areas in Comm., vol.21,pp.406-417,Apr.2003。

[0166] [12]S.M.Alamouti,“A simple transmit diversity technique for wireless communications(用于无线通信的简单传输分集技术)”,IEEE Jour.Select.Areas in Comm.,vol.16,no.8,pp. 1451-1458,Oct.1998。

[0167] [13]V.Tarokh,N.Seshadri,and A.R.Calderbank,“Space-time codes for high data rate wireless communication:Performance criterion and code construction(用于高数据速率无线通信的空时代码:性能标准和代码构建)”,IEEE Trans.Info.Th., vol.44,pp.744-65, Mar.1998。

[0168] [14]V.Tarokh,H.Jafarkhani,and A.R.Calderbank,“Space-time block codes from orthogonal designs(来自正交设计的空时分组码)”,IEEE Trans.Info.Th., vol.45,pp.1456-467,July 1999。

[0169] [15]E.N.Onggosanusi,A.G.Dabak,and T.A.Schmidl,“High rate space-time block coded scheme:performance and improvement in correlated fading channels(高速率空时分组编码方案:相关衰落信道的性能和改进)”,Proc.IEEE Wireless Comm.and Net. Conf.,vol.1,pp.194-199,Mar.2002。

[0170] [16]G.D.Durgin,Space-Time Wireless Channels(空时无线信道), Prentice Hall,Upper Saddle River,NJ,USA,2003

[0171] [17]D.-S.Shiu,G.J.Foschini,M.J.Gans,and J.M.Kahn,“Fading correlation and its effect on the capacity of multielement antenna systems(衰落关联及其对多元天线系统容量的影响)”,IEEE Trans.Comm.,vol.48,no.3,pp.502-513,Mar.2000

[0172] [18]A.Forenza and R.W.Heath Jr.,“Impact of antenna geometry on MIMO communication in indoor clustered channels(天线几何结构对户内聚类信道中的MIMO通信的影响)”,Proc.IEEE Antennas and Prop.Symp.,vol.2,pp.1700-1703,June 2004。

[0173] [19]E.A.Jorswieck and H.Boche,“Channel capacity and capacity- range of beamforming in MIMO wireless systems under correlated fading with covariance feedback(相关衰落下具有协方差反馈的 MIMO无线系统中的波束赋形的信道容量和容量范围)”, IEEE Trans.Wireless Comm.,vol.3,pp.1543-1553,Sep.2004

[0174] [20]R.W.Heath Jr.and A.Paulraj,“Switching between multiplexing and diversity based on constellation distance(复用与分集之间基于集群距离的切换)”, Proc.of Allerton Conf.on 208,Comm. Control and Comp.,Sep.2000。

[0175] [21]S.Catreux,V.Erceg,D.Gesbert,and R.W.Heath Jr.,“Adaptive modulation and MIMO coding for broadband wireless data networks(用于宽带无线

- 数据网络的自适应调制和MIMO编码)”, IEEE Comm.Mag.,vol.2,pp.108-115,June 2002。
- [0176] [22]A.Forenza,A.Pandharipande,H.Kim,and R.W.Heath Jr.,“Adaptive MIMO transmission scheme:Exploiting the spatial selectivity of wireless channels (自适应MIMO传输方案:利用无线信道的空间选择性)”,Proc.IEEE Veh.Technol.Conf., vol.5, pp.3188-3192,May 2005
- [0177] [23]C.B.Chae,A.Forenza,R.W.Heath,Jr.,M.R.McKay,and I.B. Collings, “Adaptive MIMO Transmission Techniques for Broadband Wireless Communication Systems (用于宽带无线通信系统的自适应MIMO传输技术)”,IEEE Communications Magazine,vol.48,no.5,pp.112-118,May 2010
- [0178] [24]FCC,“Broadband action agenda(宽带行动议程)”,National Broadband Plan,2010<http://www.broadband.gov/plan/national-broadband-plan-action-agenda.pdf>
- [0179] [25],N.Delfas,F.Meunier,S.Flannery,T.Tsusaka,E.Gelblum and S. Kovler, “Mobile data wave:who dares to invest,wins(移动数据波:敢于投资者胜)”,Morgan Stanley Research Global,June 13, 2012
- [0180] [26]D.Goldman,“Sorry,America:your wireless airwaves are full(对不起,美国:你的无线电波已满)”,CNN Money [http://money.cnn.com/2012/02/21/technology/spectrum_crunch/index .htm](http://money.cnn.com/2012/02/21/technology/spectrum_crunch/index.htm)
- [0181] [27]P.Rysavy,“No silver bullets for FCC,NTIA spectrum challenge (FCC、NTIA频谱无银弹挑战)”,Daily report for executives, Bloomberg BNA,Aug.2012 http://www.ryesaw.com/Articles/2012_09_No_Spectrum_Silver_Bull_ets.pdf
- [0182] [28]T.W.Hazlett,“Radio spectrum for a hungry wireless world(用于饥荒的无线世界的无线电频谱)”,Sept.22,2011
- [0183] [29]B.J.Love,D.J.Love and J.V.Krogmeier,“Like deck chairs on the Titanic:why spectrum reallocation won't avert the coming data crunch but technology might keep the wireless industry afloat(于事无补:为何频谱再分配不能避免到来的数据紧缩而技术却可能维持无线产业)”,Feb.2012
- [0184] [30]Qualcomm,“The 1000x data challenge,the latest on wireless, voice, services and chipset evolution(1000倍数据挑战,最新的无线、语音、服务和芯片组演进)”,4G World,Oct.31st,2012
- [0185] [31]J.Lee,J.-K.Han,J.Zhang,“MIMO technologies in 3GPP LTE and LTE-advanced(3GPP LTE和LTE-advanced中的MIMO技术)”,EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking,Hindawi,May 2009
- [0186] [32]3GPP,TS 36.201,“Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA);LTE Physical Layer-General Description(Release 8) (演进的通用陆地无线接入(E-UTRA);LTE物理层一般描述(版本8))”
- [0187] [33]3GPP,TS 36.211,“Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA);Physical Channels and Modulation(Release 8) (演进的通用陆地无线接入(E-UTRA);物理信道和调制(版本8))”

[0188] [34]3GPP,TS 36.212,“Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA);Multiplexing and channel coding (Release 8) (演进的通用陆地无线接入(E-UTRA);复用和信道编码(版本8))”

[0189] [35]3GPP,TS 36.213,“Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA);Physical layer procedures (Release 8) (演进的通用陆地无线接入(E-UTRA);物理层程序(版本8))”

[0190] [36]T.Yoo,N.Jindal,and A.Goldsmith,“具有有限反馈和用户选择的多天线广播信道(Multi-antenna broadcast channels with limited feedback and user selection)”,IEEE Journal on Sel.Areas in Communications,vol.25,pp.1478-91, July 2007.

[0191] [37]P.Ding,D.J.Love,and M.D.Zoltowski,“On the sum rate of channel subspace feedback for multi-antenna broadcast channels(关于用于多天线广播信道的信道子空间反馈的和速率)”,in Proc.,IEEE Globecom,vol.5,pp.2699-2703,November 2005.

[0192] [38]N.Jindal,“MIMO broadcast channels with finite-rate feedback (具有有限速率反馈的MIMO广播信道)”,IEEE Trans.on Info.Theory,vol.52,pp.5045-60, November 2006.

[0193] [39]D.J.Love,R.W.Heath,Jr.,V.K.N.Lau,D.Gesbert,B.D.Rao, and M.Andrews,“An Overview of Limited Feedback in Wireless Communication Systems (无线通信系统中的有限反馈的综述)”,IEEE Journal on Sel.Areas in Comm.,Special Issue on Exploiting Limited Feedback in Tomorrow's Wireless Communication Networks,vol.26,no.8,pp.1341-1365,Oct. 2008.

[0194] R.W.Heath,Jr.,D.J.Love,V.K.N.Lau,D.Gesbert,B.D.Rao, and M.Andrews,“Exploiting Limited Feedback in Tomorrow's Wireless Communication Networks(在将来无线通信网络中利用有限反馈)”,IEEE Journal on Sel.Areas in Comm.,Special Issue on Exploiting Limited Feedback in Tomorrow's Wireless Communication Networks,vol.26,no.8,pp.1337-1340,Oct. 2008.

[0195] [41]D.J.Love,R.W.Heath,Jr.,and T.Strohmer,“Grassmannian Beamforming for Multiple-Input Multiple-Output Wireless Systems (用于多输入多输出无线系统的格拉斯曼波束赋形)”,IEEE Trans.on Info.Theory special issue on MIMO Communication,vol. 49,pp.2735-2747,Oct.2003

[0196] [42]C.B.Chae,D.Mazzarese,N.Jindal and R.W.Heath,Jr.,“Coordinated Beamforming with Limited Feedback in the MIMO Broadcast Channel (MIMO广播信道中具有有限反馈情况下的协调波束赋形)”IEEE Journal on Sel.Areas in Comm., Special Issue on Exploiting Limited Feedback in Tomorrow's Wireless Communication Networks,vol.26,no.8,pp.1505-1515,Oct.2008

[0197] [43]A.Paulraj,“Is OFDMA,MIMO and OS the right stuff for mobile broadband?(OFDMA、MIMO和OS是移动宽带的必要技术吗?)”<http://www.ieeevtc.org/vtc2005fall/presentations/paulraj.pdf>, Sept.2005

- [0198] [44] J. Wannstrom, "Carrier aggregation explained (解释载波聚合)", 3GPP <http://www.3gpp.org/Carrier-Aggregation-explained>
- [0199] [45] 3GPP, TS 36.808, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Carrier Aggregation (Release 10) (演进的通用陆地无线接入 (E-UTRA); 载波聚合 (版本10))", v10.0.0, June 2012
- [0200] [46] Nokia Siemens Networks, "2020: beyond 4G, radio evolution for the gigabit experience (2020: 超越4G, 千兆位体验的无线电演进)", White Paper, 2011, www.nokiasiemensnetworks.com
- [0201] [47] S. Marek, "AT&T's Rinne talks about carrier aggregation trials, small cells and more (AT&T's Rinne 论载波聚合试验、小小区等)", <http://www.fiercebroadbandwireless.com/story/atts-rinne-talks-about-carrier-aggregation-trials-small-cells-and-more/2012-11-08>
- [0202] [48] M. Reed, "InterfereX (干扰X)", Tech23, 2011 <http://www.youtube.com/watch?v=YPpELm6iip8>
- [0203] [49] NICTA, "InterfereX (干扰X)", http://www.nicta.com.au/research/archive/research_themes/networked_systems/interferex
- [0204] [50] J. Duplicity, et al., "MU-MIMO in LTE systems (LTE系统中的 MU-MIMO)", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Mar. 2011
- [0205] [51] S. Feng and E. Seidel, "Self-organizing networks (SON) in 3GPP LTE (3GPP LTE中的自组织网络 (SON))", Nomor research, May 2008
- [0206] [52] NEC, "Self organizing networks (自组织网络)", White paper, Feb. 2009
- [0207] [53] G. R. Raleigh, M. A. Pollack 的 1998 年 9 月 15 日发布的名称为 "分布式微蜂窝通信系统 (Distributed microcellular communications system)" 的美国专利号 5,809,422
- [0208] [54] G. J. Foschini, H. C. Huang, K. Karakayali, R. A. Valenzuela, and S. Venkatesan. The Value of Coherent Base Station Coordination (相关基站协调的价值). In Conference on Information Sciences and Systems (CISS 2005), Mar. 2005
- [0209] [55] M. K. Karakayali, G. J. Foschini, R. A. Valenzuela, and R. D. Yates, "On the maximum common rate achievable in a coordinated network (关于协调网络中可实现的最大共同速率)", Proc. of the Int'l Conf. on Communications (ICC' 06), vol. 9, pp. 4333- 4338, June 2006.
- [0210] [56] M. K. Karakayali, G. J. Foschini, and R. A. Valenzuela, "Network coordination for spectrally efficient communications in cellular systems (用于蜂窝系统中的频谱有效通信的网络协调)", IEEE Wireless Communications Magazine, vol. 13, no. 4, pp. 56-61, Aug. 2006.
- [0211] [57] G. J. Foschini, M. K. Karakayali, and R. A. Valenzuela, "Coordinating multiple antenna cellular networks to achieve enormous spectral efficiency (协调多天线蜂窝网络以实现巨大频谱效率)", Proceedings of the IEEE, vol. 153, no. 4, pp. 548-555, Aug. 2006.
- [0212] [58] S. Venkatesan, A. Lozano, and R. Valenzuela, "Network MIMO: overcoming

inter-cell interference in indoor wireless systems (网络 MIMO:克服户内无线系统中的小区间干扰)”, Proc. of Asilomar conf., pp.83-87, Nov.2007

[0213] [59] S.Venkatesan, H.Huang, A.Lozano, and R.Valenzuela, “A WiMAX-based implementation of network MIMO for indoor wireless systems (用于户内无线系统的网络MIMO的基于 WiMAX的具体实施)”, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Sep.2009

[0214] [60] Y.Liang, R.Valenzuela, G.Foschini, D.Chizhik, and A. Goldsmith, “Interference suppression in wireless cellular networks through picocells (通过微微小区抑制无线蜂窝网络中的干扰)”, ACSSC, pp.1041-1045, Nov.2007

[0215] [61] A.Papadogiannis, H.J.Bang, D.Gesbert, and E.Hardouin, “Efficient selective feedback design for multicell cooperative networks (用于多小区协作网络的有效选择性反馈设计)”, IEEE Trans.On Vehicular Techn., pp.196-205, vol.60, n.1, Jan.2011

[0216] [62] I.F.Akyildiz, D.M.Guterrez-Estevez, E.C.Reyes, “The evolution to 4G cellular systems: LTE-Advanced (4G蜂窝系统的演进: LTE-Advanced)”, Physical communication, Elsevier, pp.217-244, 2010

[0217] [63] A.Barbieri, P.Gaal, S.Geirhofer, T.Ji, D.Malladi, Y.Wei, and F. Xue, “Coordinated downlink multi-point communications in heterogeneous cellular networks (异构蜂窝网络中的协调下行链路多点通信)”, (Qualcomm), Information Theory and App. Workshop, pp.7-16, Feb.2012

[0218] [64] S.Parkvall, E.Dahlman, A.Furuskar, Y.Jading, M.Olsson, S. Wanstedt, and K.Zangi, “LTE-Advanced-evolving LTE towards IMT-Advanced (LTE-Advanced-使LTE朝向IMT-Advanced演进)”, (Ericsson) IEEE VTC, pp.1-5, Sep.2008

[0219] [65] R.A.Monziano and T.W.Miller, Introduction to Adaptive Arrays (自适应阵列简介), New York: Wiley, 1980.

[0220] [66] K.K.Wong, R.D.Murch, and K.B.Letaief, “A joint channel diagonalization for multiuser MIMO antenna systems (用于多用户 MIMO天线系统的联合信道对角化)”, IEEE Trans.Wireless Comm., vol.2, pp.773-786, Jul 2003;

[0221] [67] R.Chen, R.W.Heath, Jr., and J.G.Andrews, “Transmit Selection Diversity for Unitary Precoded Multiuser Spatial Multiplexing Systems with Linear Receivers (用于具有线性接收器的统一预编码多用户空间复用系统的传输选择分集)”, IEEE Trans.on Signal Proc., vol.55, no.3, pp.1159-1171, Mar.2007.

[0222] [68] M.Costa, “Writing on dirty paper (污纸编写)”, IEEE Transactions on Information Theory, Vol.29, No.3, Page(s): 439- 441, May 1983.

[0223] [69] G.Caire and S.Shamai, “On the achievable throughput of a multiantenna Gaussian broadcast channel (关于多天线高斯广播信道的可实现的吞吐量)”, IEEE Trans.Info.Th., vol.49, pp. 1691-1706, July 2003.

[0224] [70] Nihar Jindal & Andrea Goldsmith, “Dirty Paper Coding vs. TDMA for MIMO Broadcast Channels (污纸编码对比用于MIMO广播信道的TDMA)”, IEEE Trans.on

Info.Theory,vol.51,pp.1783- 1794,May 2005

[0225] [71]M.Tomlinson,“New automatic equalizer employing modulo arithmetic (利用模运算的新自动均衡器)”,Electronics Letters, Page(s):138-139, March 1971.

[0226] [72]H.Miyakawa and H.Harashima,“A method of code conversion for digital communication channels with intersymbol interference (用于具有符号间干扰的数字通信信道的代码转换方法)”, Trans.of the Inst.of Electronic

[0227] [73]U.Erez,S.Shamai (Shitz),and R.Zamir,“Capacity and lattice-strategies for cancelling known interference (用于消除已知干扰的容量和点阵策略)”,Proceedings of International Symposium on Information Theory,Honolulu, Hawaii,Nov.2000.

[0228] [74]W.Yu and J.M.Cioffi,“Trellis Precoding for the Broadcast Channel (用于广播信道的网格预编码)”,IEEE Globecom, vol.2,pp.1344-1348,2001

[0229] [75]B.M.Hochwald,C.B.Peel,and A.L. Swindlehurst,“A Vector-Perturbation Technique for Near-Capacity Multiantenna Multiuser Communication-Part I:Channel Inversion and Regularization(用于近容量多天线多用户通信的矢量微扰技术-部分I:信道反转和规则化)”,IEEE Trans.On Communications, vol.53,n.1, pp.195-202,Jan.2005

[0230] [76]B.M.Hochwald,C.B.Peel,and A.L.Swindlehurst,“A Vector-Perturbation Technique for Near-Capacity Multiantenna Multiuser Communication-Part II:Perturbation(用于近容量多天线多用户通信的矢量微扰技术-部分II:微扰)”,IEEE Trans.On Communications,vol.53,n.3,pp.537-544,Mar.2005

[0231] [77]S.Perlman and A.Forenza,“Distributed-input distributed-output (DIDO) wireless technology:a new approach to multiuser wireless (分布式输入分布式输出(DIDO)无线技术:用于多用户无线的新途径)”,Rearden Labs White Paper,July 2011,<http://www.reardenwireless.com/110727-DIDO-A%20New%20Approach%20to%20Multiuser%20Wireless.pdf>

[0232] [78]A.Vance,“Steve Perlman’s wireless fix(Steve Perlman的无线定位)”, Businessweek,July 2011 <http://www.businessweek.com/magazine/the-edison-of-silicon-valley-07272011.html>

[0233] [79]M. **Lindström** (Ericsson),“LTE-Advanced Radio Layer 2 and RRC aspects (LTE-Advanced无线电层2和RRC方面)”, 3GPP TSG-RAN WG2

[0234] [80]Anritsu,“LTE resource guide (LTE资源指南)”,www.us.anritsu.com

[0235] [81]3GPP,“Spatial Channel Model AHG (Combined ad-hoc from 3GPP&3GPP2) (空间信道模型AHG(由3GPP和3GPP2组合的特用模型))”,SCM Text V6.0, April 22,2003

[0236] [82]J.Lee,“Introduction of LTE-Advanced DL/UL MIMO (LTE- Advanced DL/UL MIMO简介)”,Samsung Electronics,Sep. 2009

[0237] [83]E.Dahlman,S.Parkvall and J.Skold,“4G:LTE/LTE-Advanced for mobile broadband (4G:用于移动宽带的LTE/LTE- Advanced)”,Elsevier,2011

[0238] [84]J.Syren,“Overview on the 3GPP long term evolution physical layer

(关于3GPP长期演进物理层的综述)”,Freescale White Paper,July 2007

[0239] [85]M.Baker,“LTE-Advanced physical layer(LTE-Advanced物理层)”, Alcatel-Lucent,Dec.2009

[0240] [86]J.Xu,“LTE-Advanced signal generation and measurements using SystemVue(使用SystemVue的LTE-Advanced信号产生和测量)”,Agilent Technologies

[0241] [87]X.Hou and H.Kayama,“Demodulation reference signal design and channel estimation for LTE-Advanced uplink(用于LTE-Advanced上行链路的解调参考信号设计和信道估计)”, DOCOMO,Adv.in Vehic.Netw.Tech.,Apr.2011

[0242] [88]D.C.Chu,“Polyphase codes with good periodic correlation properties(具有良好周期相关属性的多相代码)”,IEEE Trans.Info.Theory,vol.18, n.4,pp.531-532,July 1972

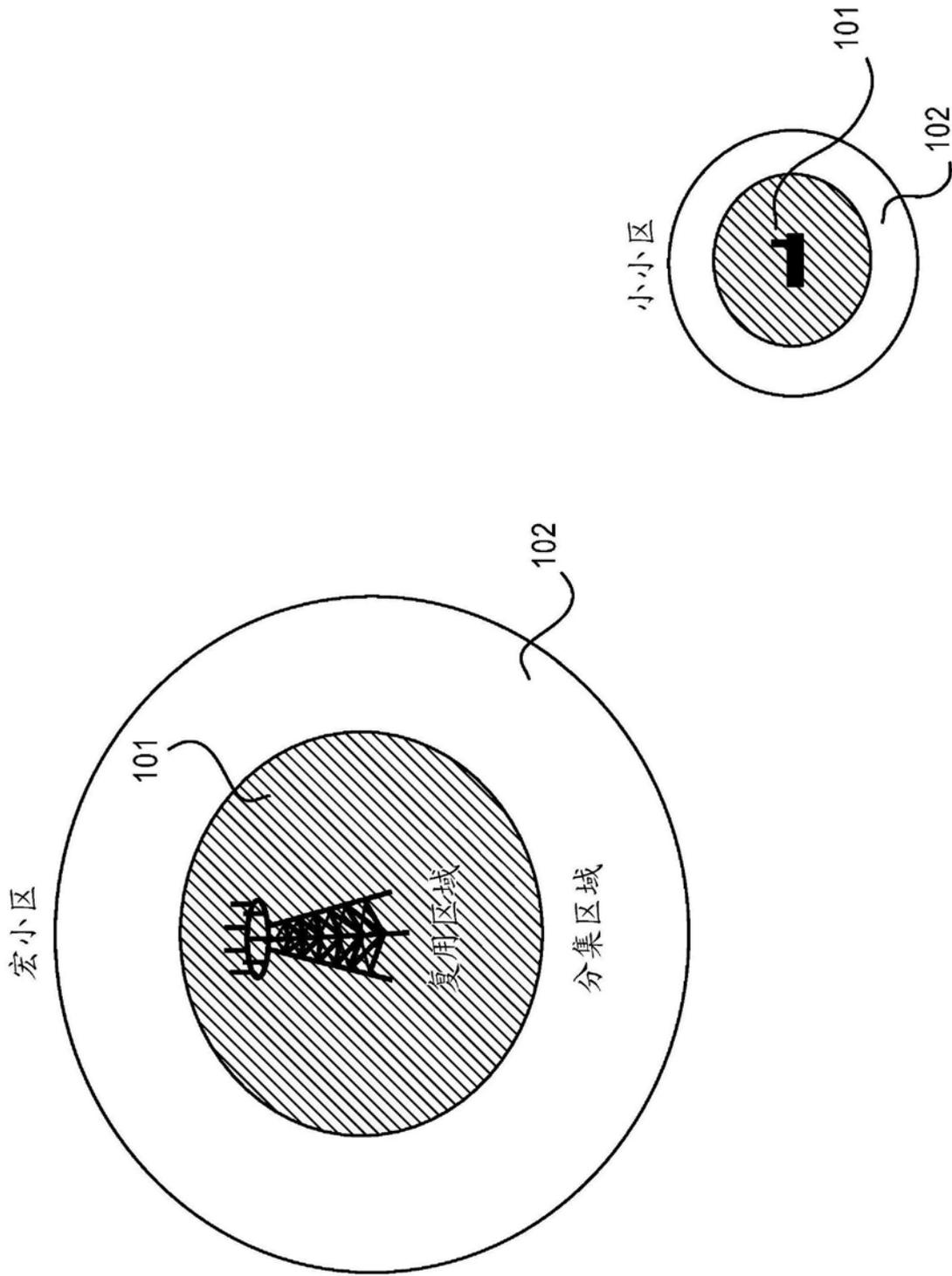


图1

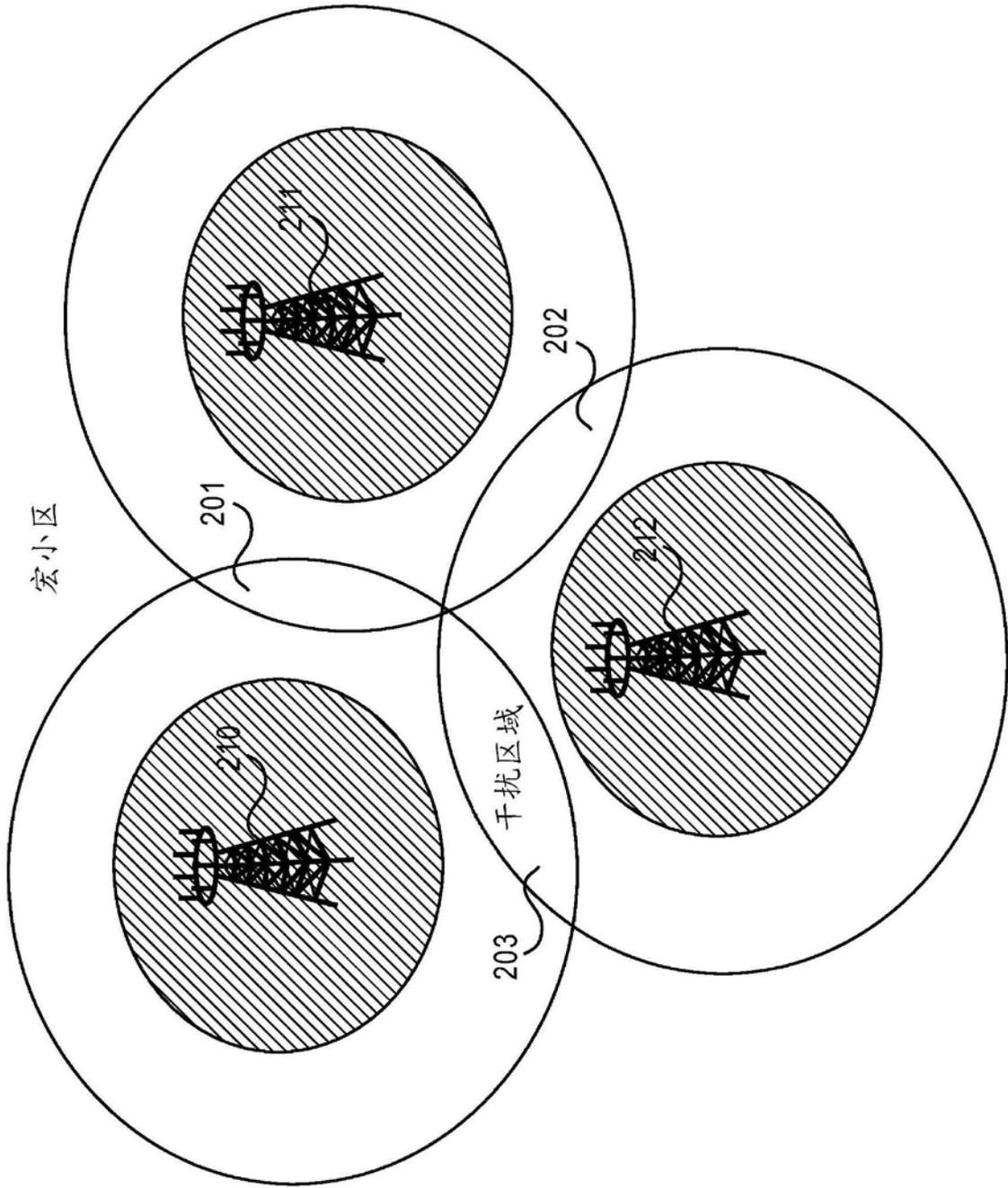


图2

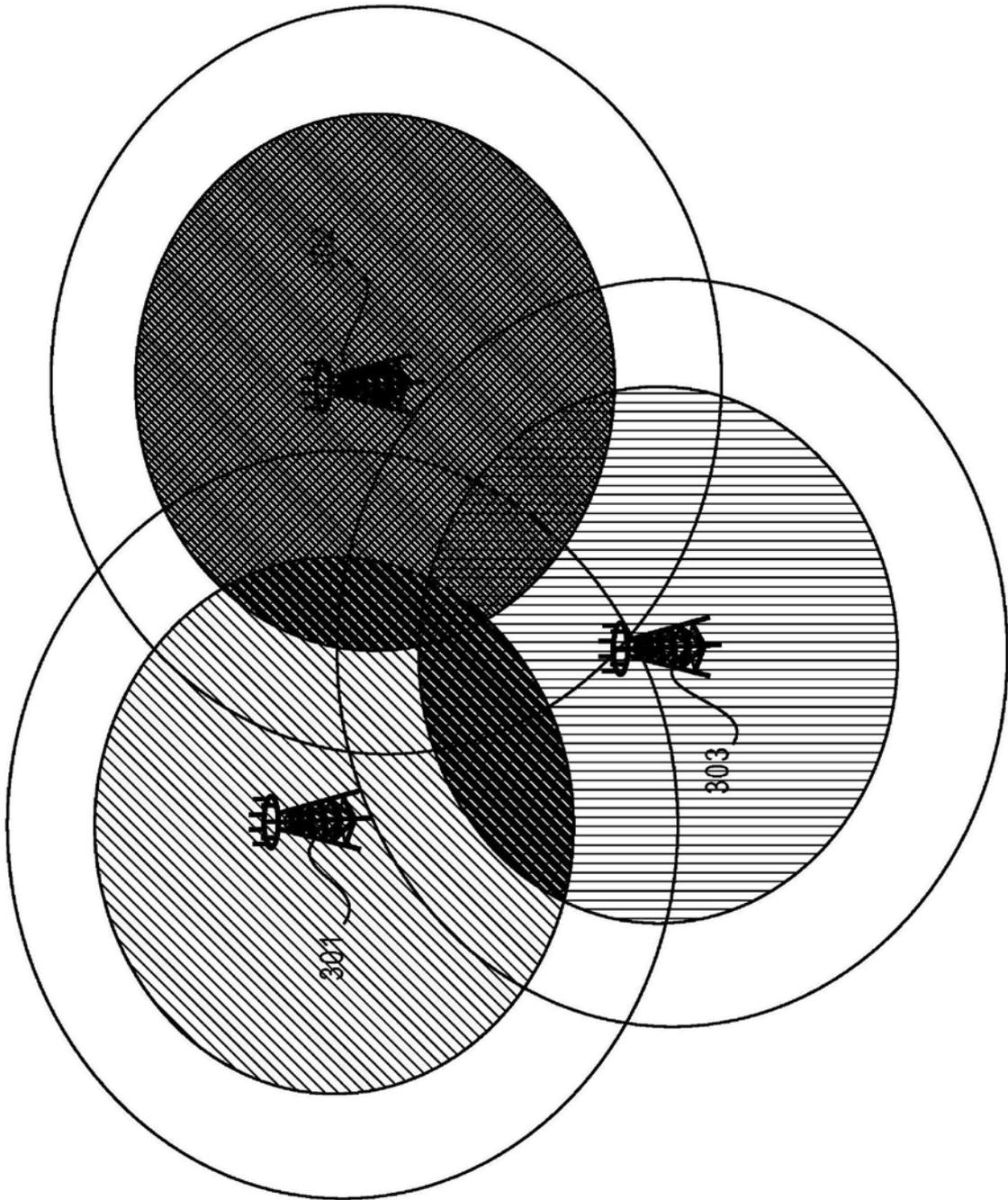


图3

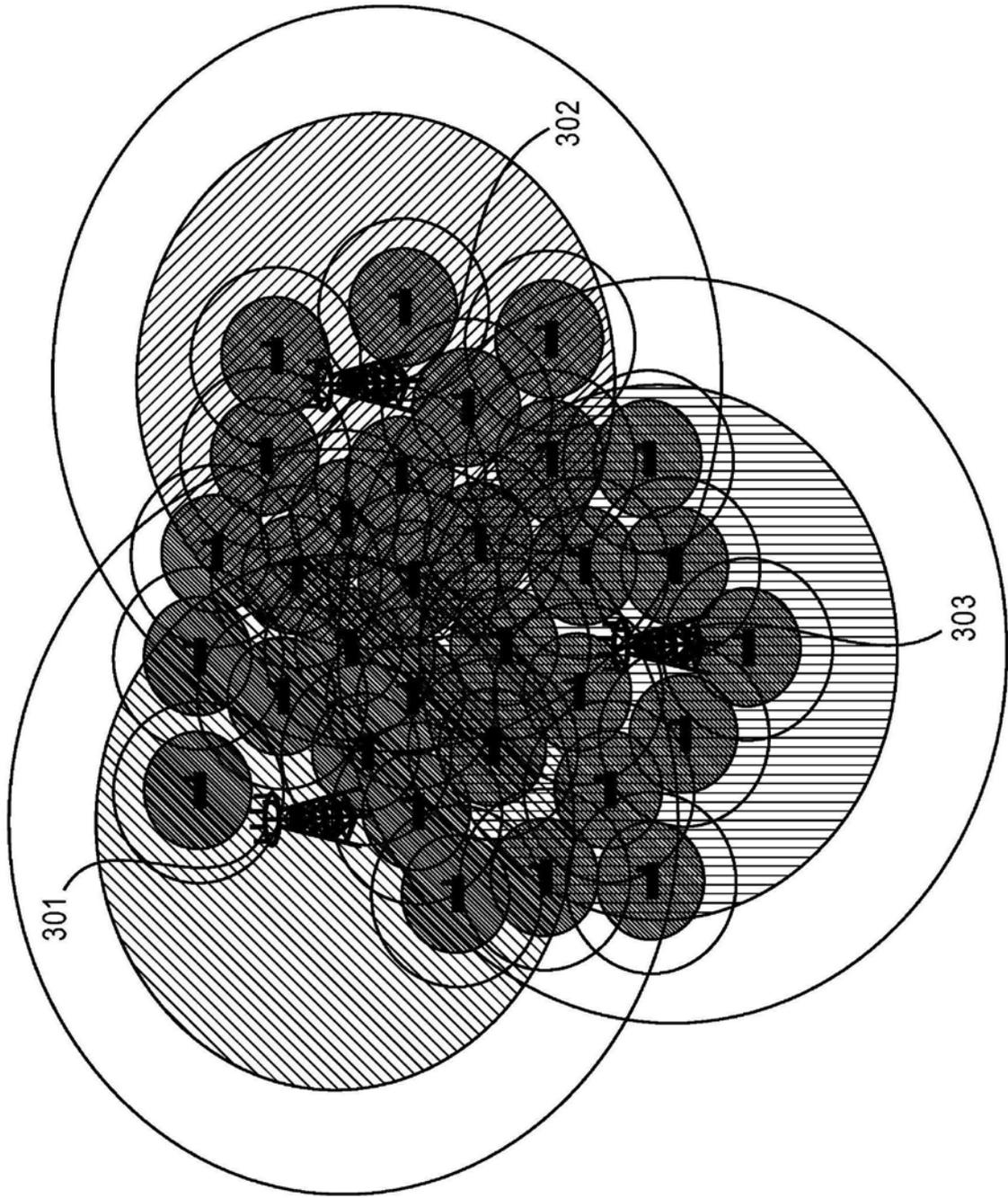


图4

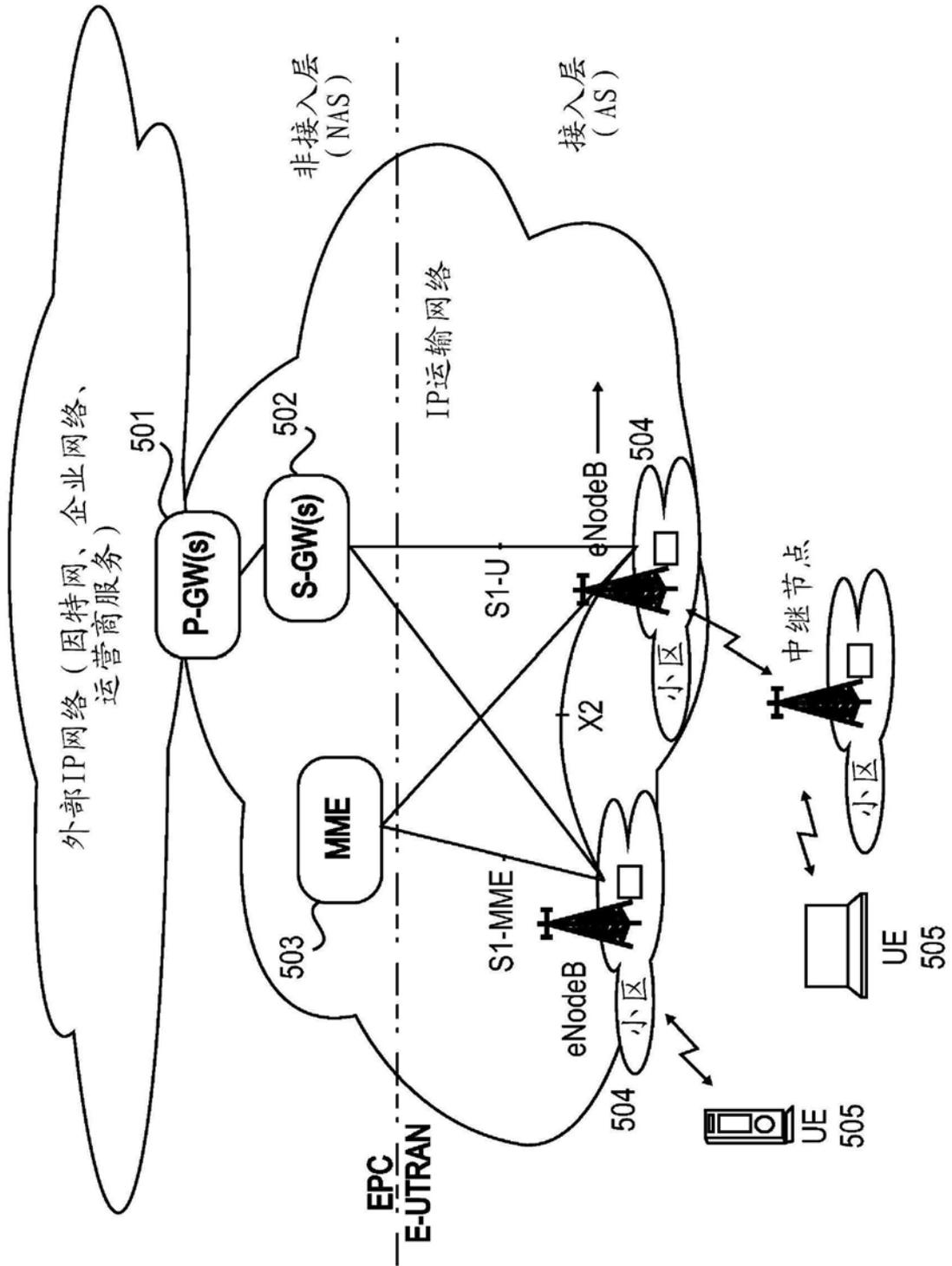


图5

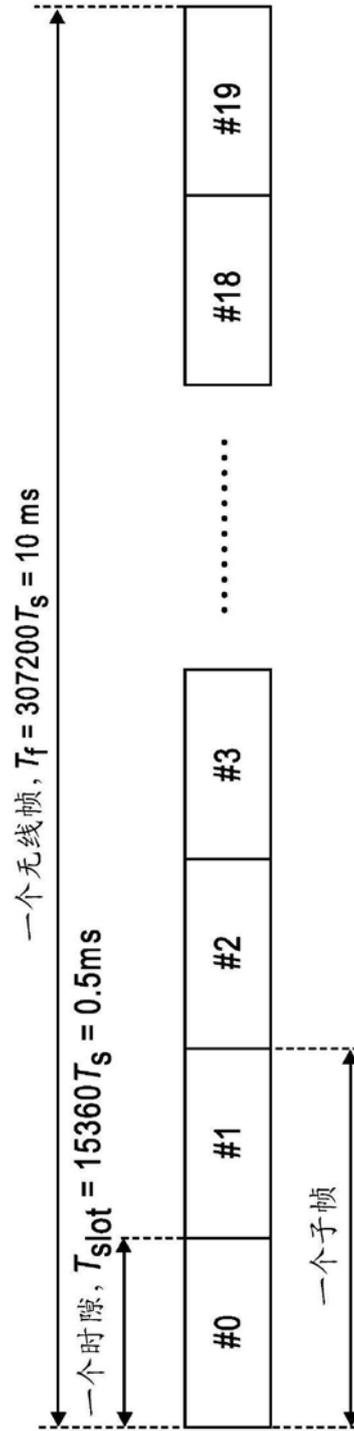


图6 (A)

上行链路-下行链路配置	下行链路到上行链路切换点周期性	子帧数量
0	5ms	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
1	5ms	D S U U D S U U D
2	5ms	D S U U D D S U U D
3	10ms	D S U U D D S U D D
4	10ms	D S U U D D D D D D
5	10ms	D S U D D D D D D D
6	5ms	D S U U D S U U D D

图 6 (C)

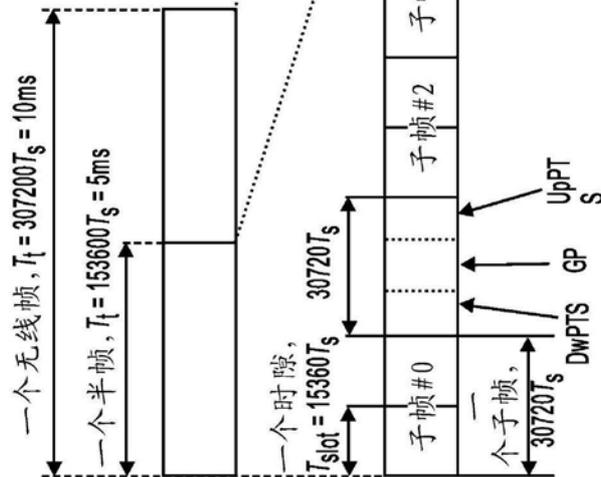


图 6 (B)

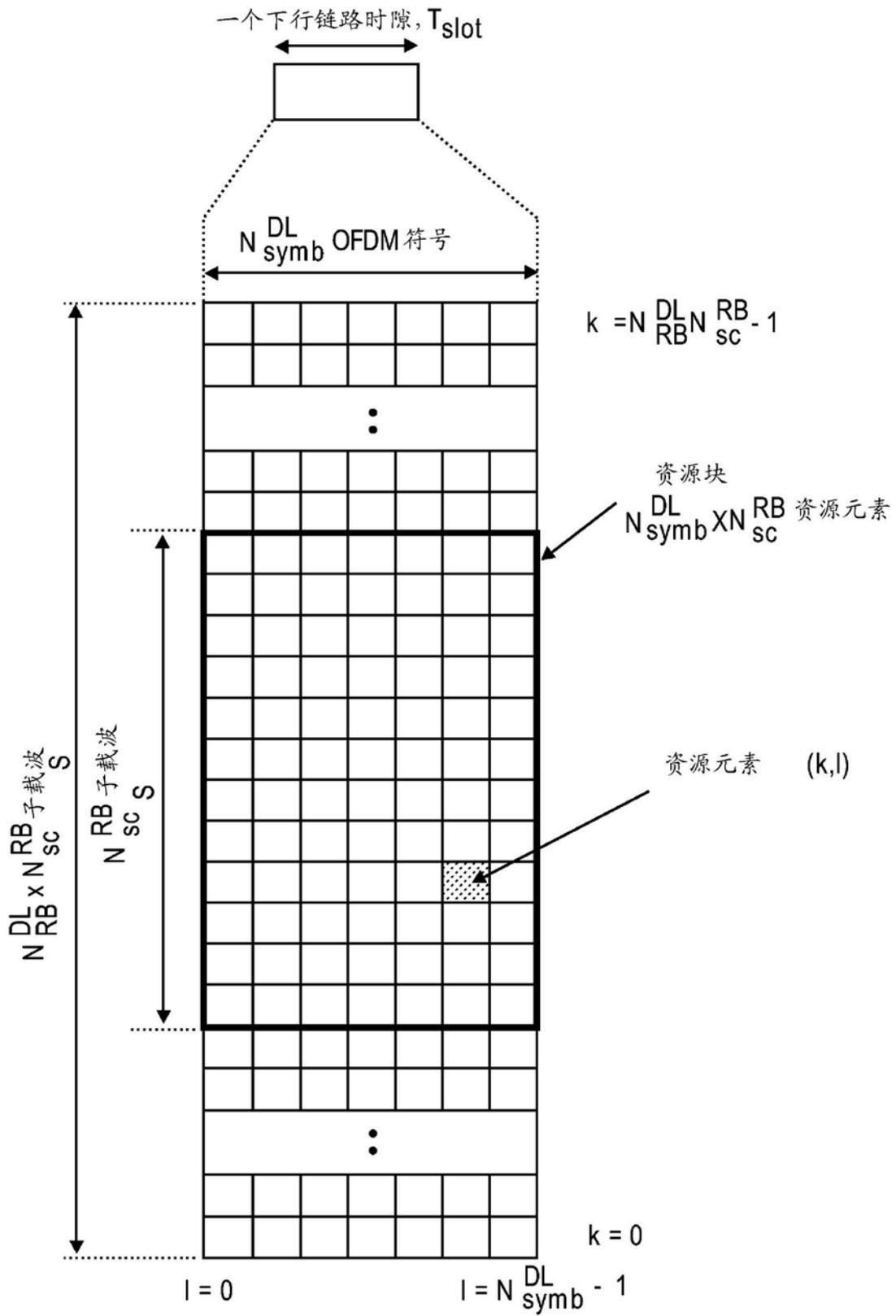


图7A

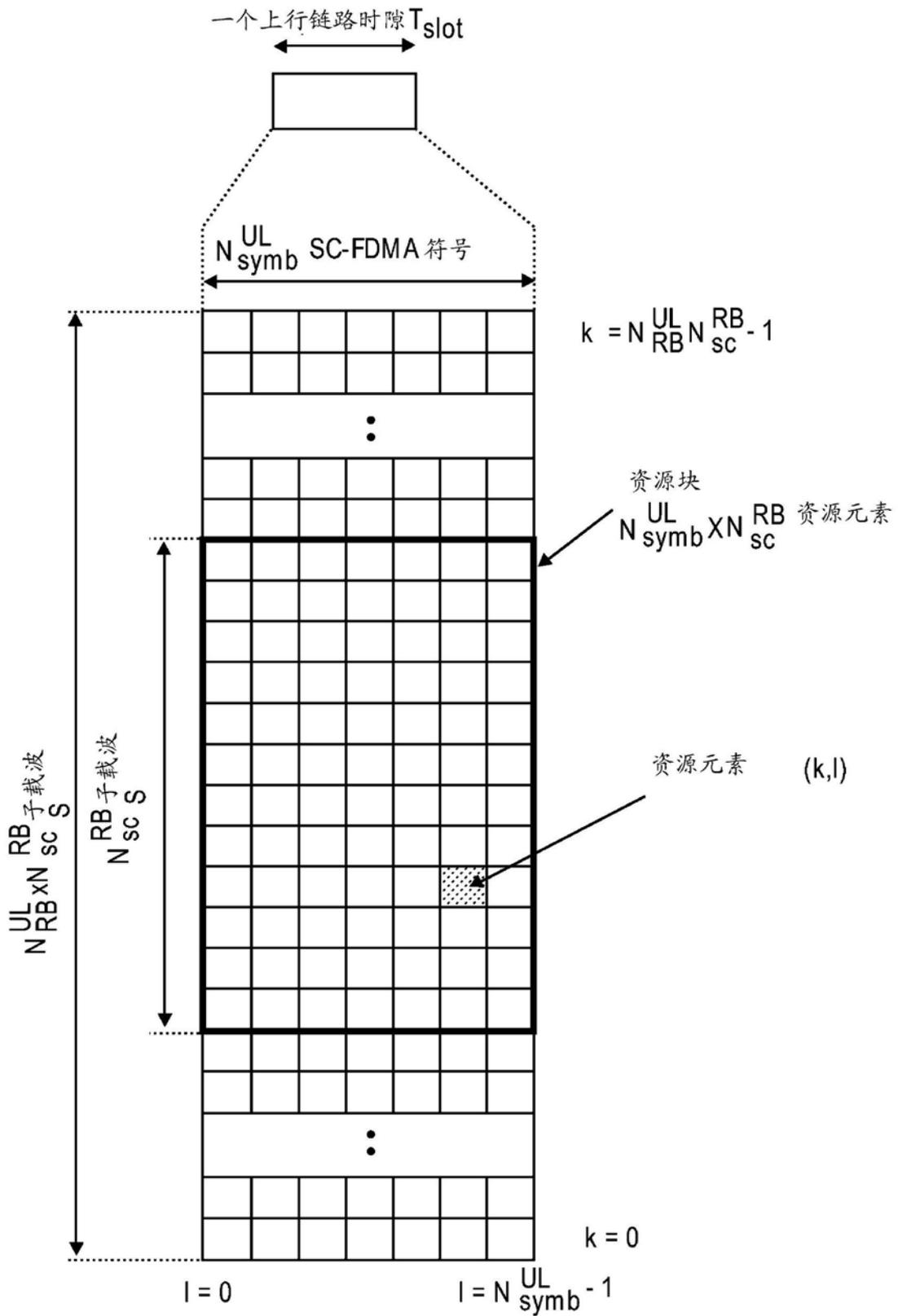


图7B

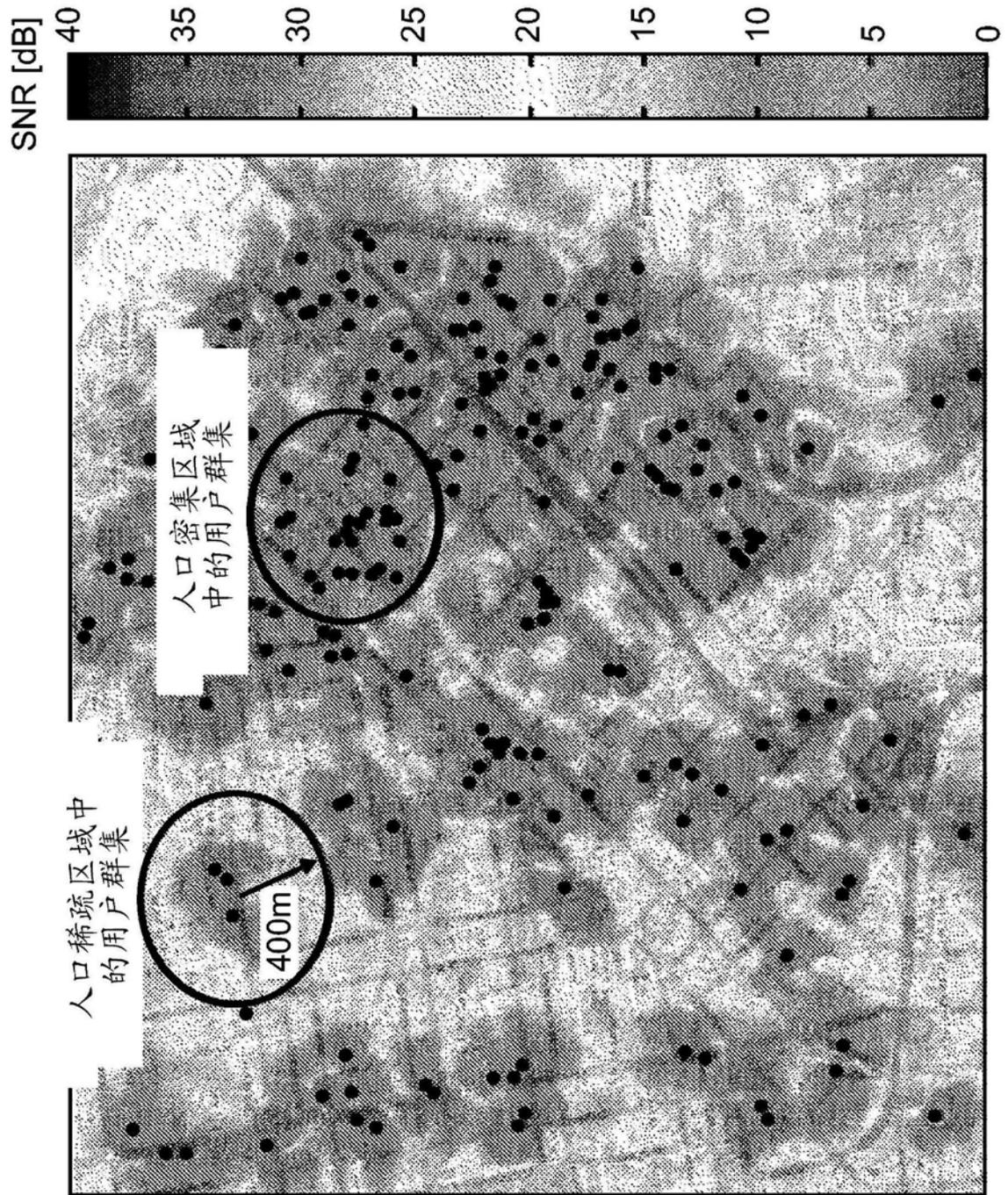


图8

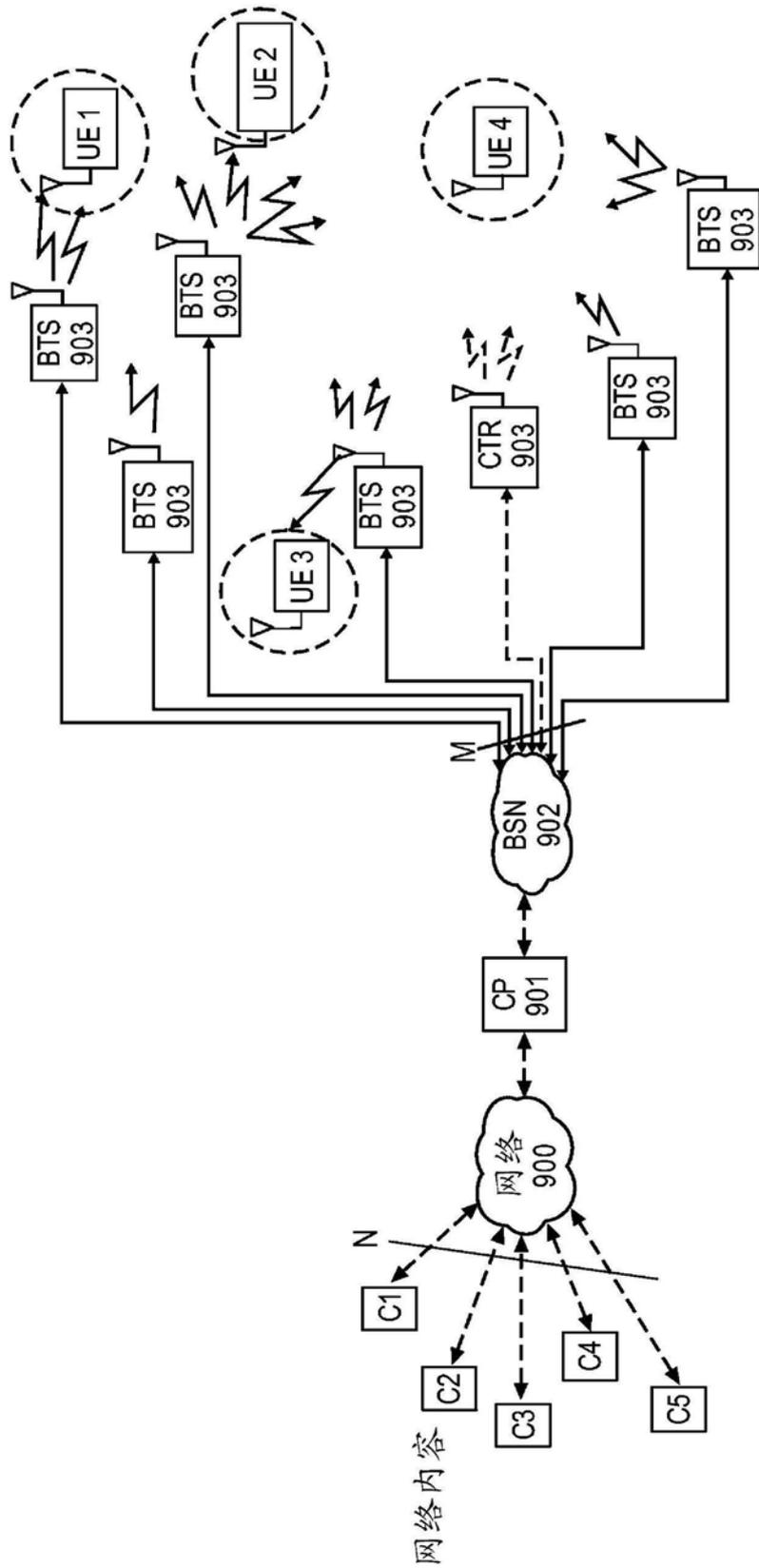


图9