

(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
2016 年 12 月 22 日 (22.12.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/202186 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04W 52/30 (2009.01) H04W 52/46 (2009.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/084994
- (22) 国际申请日: 2016 年 6 月 6 日 (06.06.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
20151034662.2 2015 年 6 月 19 日 (19.06.2015) CN
- (71) 申请人: 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。
- (72) 发明人: 王向阳 (WANG, Xiangyang); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。顾潇腾 (GU, Xiaoteng); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。庞巧 (PANG, Qiao); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。李奇峰 (LI, Qifeng); 中国江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。
- (74) 代理人: 南京经纬专利商标代理有限公司 (NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK

AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市鼓楼区中山路 179 号 12 楼 B 座, Jiangsu 210005 (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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, 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, 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))。

(54) Title: POWER ALLOCATION METHOD FOR MULTI-USER MOBILE RELAY COMMUNICATION SYSTEM

(54) 发明名称: 一种多用户移动中继通信系统的功率分配方法

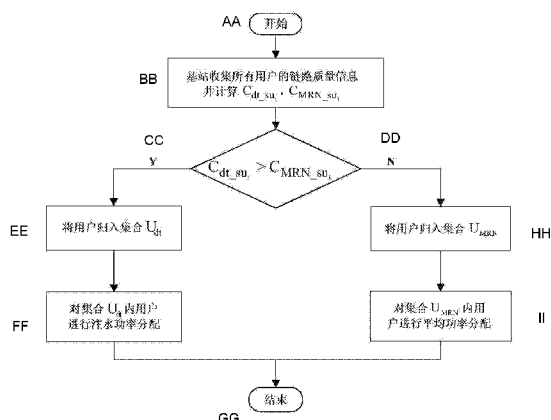


图 3

AA Start
BB A base station collecting link quality information about all the users and calculating C_{dt_sui} , C_{MRN_sui}
EE Classifying the users into a set U_{dt}
FF Performing water-filling power allocation for the users in the set U_{dt}
GG End
HH Classifying the users into a set U_{MRN}
II Performing average power allocation for the users in the set U_{MRN}

(57) Abstract: With regard to a multi-user mobile relay communication system, disclosed is a power allocation method for a multi-user mobile relay communication system. In the communication system, a mobile relay is deployed on the top of a public transport vehicle. A base station adopts two transmission modes to communicate with a user terminal in the vehicle, wherein one mode is direct transmission through a vehicle body, and the other one is transmission from the base station to a user via the mobile relay. Comparative selection is performed on the two transmission modes for each user. A hybrid power allocation method based on transmission mode selection is proposed in the case where the total emission power of the base station is limited, thereby realizing the maximization of an average system capacity.

(57) 摘要: 本发明针对多用户移动中继通信系统, 公开了一种用于多用户移动中继通信系统的功率分配方法。在该通信系统中, 移动中继部署于公共交通工具顶部, 基站采用两种传输模式与车内的用户终端通信, 一种是穿透车体直接传输, 另一种是基站经过移动中继后传输到用户。针对每个用户进行两种传输模式的比较选择, 在基站发射总功率受限的情况下, 提出了一种基于传输模式选择的混合功率分配方

法, 实现了最大化平均系统容量。

一种多用户移动中继通信系统的功率分配方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无线及移动通信技术领域,尤其是一种面向无定形小区的多用户移动中继通信系统的功率分配方法。

背景技术

[0002] 随着时代的进步与发展,人类对无线通信系统的数据速率、传输质量等方面提出了越来越高的要求,希望在高速移动环境下依然保持可靠的通信质量。移动中继凭借功率低、部署灵活的特点,从而降低传统蜂窝小区中固定中继节点的部署质量,提高整个通信系统的能效,扩大传统蜂窝小区的边缘覆盖范围,增强用户通信的可靠性,提高所在小区的覆盖能力,进而提升通信系统的容量。因此,移动中继作为下一代无线通信系统的关键技术,已成为无线通信系统的研究热点之一。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题在于,提供一种多用户移动中继通信系统的功率分配方法,在基站发射总功率受限的条件下,实现最大化系统平均容量。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明提供一种多用户移动中继通信系统的功率分配方法,包括如下步骤:

[0005] (1) 设置小区基站覆盖半径为 R ,基站位于小区中心,小区内总用户数为 N ;

[0006] (2) 小区内设置 n 辆部署移动中继节点 (MRN) 的公交车辆,用户随机分布在每辆车上,各车上用户数为 $N_k (k = 1, 2, \dots, n)$;

[0007] (3) 采用混合功率分配方法,对选择 MRN 模式辅助传输模式的用户采用平均功率分配方法,对选择直接传输模式的用户采用注水功率分配方法,用户进行两种传输模式选择后,所有用户发射功率的和满足 $\sum_{i=1}^{N_1} p_i + \sum_{j=1}^{N_2} p_j \leq P_s$, 其中基站总的发射功率为 P_s 。

[0008] 优选的,直接传输模式下,用户与基站直接进行通信,基站在整个传输周期内向用户发送信号,信号需要穿透车体才能到达用户,经历车体穿透损耗 (VPL)。

[0009] 优选的,在直接传输模式下,第 i 个用户接收信号为 $y_{su_i} = h_{su_i} \sqrt{p_i} x_{su_i} + n_{u_i}$, 其中 h_{su_i} 是基站与用户的信道系数, p_i 是基站分配到第 i 个用户的发送功率, x_{su_i} 是归一化的发送数据符号, n_{u_i} 为均值为零,方差为 σ^2 的加性高斯白噪声,则第 i 个用户的直接传输时的链路

容量为 $C_{dt_su_i} = \log_2 \left(1 + \frac{|h_{su_i}|^2 p_i}{\sigma^2} \right)$, 平均系统容量为 $\overline{C_{dt}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{dt_su_i}$ 。

[0010] 优选的, MRN 模式辅助传输模式下,用户通过 MRN 辅助与基站进行通信,采用时分复用方式,将一个传输周期划分为两个连续的等长时隙,在第二个时隙, MRN 通过接入链路将从基站接收的数据转发给用户,最终用户接收信号不需要穿透车体,从而避免车体穿透

损耗。

[0011] 优选的,在MRN模式辅助传输模式下,链路容量取回程链路容量和接入链路容量中的较小值,第*i*个用户的MRN传输时的链路容量为

$$C_{MRN_su_i} = \frac{1}{2} \min \left\{ \log_2 \left(1 + \frac{|h_{sr}|^2 p_i}{\sigma^2} \right), \log_2 \left(1 + \frac{|h_{ru_i}|^2 p_r}{\sigma^2} \right) \right\},$$

其中, h_{sr} 是基站与MRN之间的信道系数, h_{ru_i} 是MRN与第*i*个用户之间的信道系数, p_r 是移动中继的发送功率, $1/2$ 代表MRN辅助传输模式占用的有效传输周期(一个时隙)为直接传输模式(两个时隙)的一半,平均系统容量为 $\overline{C}_{MRN} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{MRN_su_i}$ 。

[0012] 优选的,在混合功率分配方法下, U_{dt} 表示为选择直接传输模式的用户集合, U_{MRN} 表示为选择MRN辅助传输模式的用户集合,当第*i*个用户采用直接传输模式时的链路容量高于MRN辅助传输模式时,将第*i*个用户纳入集合 U_{dt} ,反之,将其纳入集合 U_{MRN} ,平均系统容量为 $\overline{C} = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^{N_1} C_{dt_su_i} + \sum_{j=1}^{N_2} C_{MRN_su_j} \right)$,其中 $\dim\{U_{dt}\} = N_1$, $\dim\{U_{MRN}\} = N_2$,总用户数 $N = N_1 + N_2$ 。

[0013] 优选的,对选择MRN辅助传输模式的用户采用平均功率分配方法,集合 U_{MRN} 中第*j*个用户分配的功率为 $p_j = \frac{P_s}{N}$ 。

[0014] 优选的,对选择直接传输模式的用户采用注水功率分配方法,集合 U_{dt} 内第*i*个用户最佳分配功率为 p_i 。

[0015] 本发明的有益效果为:在基站发射总功率受限的条件下,实现了最大化系统平均容量,可应用于多用户移动中继通信系统。

[0016] 图1是本发明的多用户移动中继通信系统示意图。

[0017] 图2是本发明的两种传输模式的传输周期示意图。

[0018] 图3是本发明性能仿真的混合功率分配方法示意图。

[0019] 图4是本发明的直接传输和MRN辅助传输两种模式下随VPL变化的系统平均容量示意图。

[0020] 图5是本发明的基于传输模式选择方法的系统平均容量示意图。

[0021] 图6是本发明的不同功率分配方法及不同VPL场景下的系统平均容量示意图。

[0022] 图7是本发明的多用户移动中继通信系统的示意图。

[0023] 图8是本发明的两种传输模式的传输周期示意图。

[0024] 图9是本发明性能仿真的混合功率分配方法示意图。

[0025] 图10是本发明的直接传输和MRN辅助传输两种模式下随VPL变化的系统平均容量示意图。

[0026] 图11是本发明的基于传输模式选择方法的系统平均容量示意图。

[0027] 图12是本发明的不同功率分配方法及不同VPL场景下的系统平均容量示意图。

[0028] 如图1所示,为本发明的多用户移动中继通信系统的示意图。假设系统中小区基站覆盖半径为R,基站位于小区中心,小区内总用户数为N。小区内存在n辆有部署MRN的公交车辆,用户随机分布在每辆车上,各车上用户数为 N_k ($k = 1, 2, \dots, n$)。车厢内用户与基站进行通信可利用两种传输模式。一种是直接传输模式,采用此模式时,用户与基站直接进行通信,假设此时没有MRN辅助传输模式的干扰,基站在整个传输周期内向用户发送信号,

信号需要穿透车体才能到达用户,不可避免的会经历车体穿透损耗。另一种是 MRN 辅助传输模式,采用此模式时,用户通过 MRN 辅助与基站进行通信,假设此时没有直接传输模式的干扰。

[0023] MRN 包含车内和车外天线,两者相互独立,通过电缆连接。MRN 为带内中继,因此采用时分复用工作方式,即将一个传输周期划分为两个连续的等长时隙,如图 2 所示。在第一个时隙,基站通过回程链路向 MRN 发送数据,在第二个时隙,MRN 通过接入链路从基站接收到的数据转发给用户,最终用户接收到的信号不需要穿透车体,从而避免 VPL 的影响。

[0024] 如果小区内第 i 个用户采用直接传输模式与基站进行通信,则该用户最终接收到信号可表达为:

$$[0025] \quad y_{su_i} = h_{su_i} \sqrt{p_i} x_{su_i} + n_{u_i} \quad (1)$$

[0026] 其中 h_{su_i} 是基站与用户的信道系数, p_i 是基站分配到第 i 个用户的发送功率, x_{su_i} 是归一化的发送数据符号, n_{u_i} 为均值为零,方差为 σ^2 的加性高斯白噪声。根据香农公式,则第 i 个用户的直接传输时的链路容量为:

$$[0027] \quad C_{dt_su_i} = \log_2 \left(1 + \frac{|h_{su_i}|^2 p_i}{\sigma^2} \right) \quad (2)$$

[0028] 如果小区内第 i 个用户采用 MRN 辅助传输模式与基站进行通信,由于 MRN 采用时分复用工作方式,对第 i 个用户接收信号的分析要依次按两个时隙进行。在第一个时隙,基站发送数据符号到服务给第 i 个用户的 MRN,该 MRN 接收到的信号可表示为:

$$[0029] \quad y_{sr} = h_{sr} \sqrt{p_i} x_{su_i} + n_r \quad (3)$$

[0030] 其中 h_{sr} 是基站与该 MRN 间回程链路的信道系数,假设该信道系数在一个传输周期的两个时隙内保持不变, p_i 是基站分配第 i 个用户的发送功率, n_r 则是该 MRN 处对应的加性高斯白噪声。

[0031] 在第二个时隙,该 MRN 将在第一个时隙内从基站接收到的数据符号转发给第 i 个用户,该发送信号用 x_{ru_i} 表示,则第 i 个用户接收到的信号可表示为:

$$[0032] \quad y_{ru_i} = h_{ru_i} \sqrt{p_r} x_{ru_i} + n_{u_i} \quad (4)$$

[0033] 其中, h_{ru_i} 为该信道 MRN 与第 i 个用户间接入链路的信道系数, p_r 是 MRN 的发送功率, n_{u_i} 表示为第 i 个用户处的加性高斯白噪声。易知,该 MRN 转发给第 i 个用户的 x_{ru_i} 依赖于其在第一个时隙接收到的信号 y_{sr} ,本发明考虑的 MRN 为解码转发中继,假设 MRN 能够完全正确地恢复出基站发送的数据符号,将其放大转发给用户,则 $x_{ru_i} = x_{su_i}$,将其代入式 (4),可进一步表示为:

$$[0034] \quad y_{ru_i} = h_{ru_i} \sqrt{p_r} x_{su_i} + n_{u_i} \quad (5)$$

[0035] MRN 辅助传输的链路容量取决于回程链路和接入链路中质量较差的链路,其容量的值取回程链路容量和接入链路的较小值,根据香农公式,第 i 个用户采用 MRN 辅助传输模式时可获得链路容量为:

$$[0036] \quad C_{MRN_su_i} = \frac{1}{2} \min \left\{ \log_2 \left(1 + \frac{|h_{sr}|^2 p_t}{\sigma^2} \right), \log_2 \left(1 + \frac{|h_{ru_i}|^2 p_r}{\sigma^2} \right) \right\} \quad (6)$$

[0037] 其中, h_{sr} 是基站与 MRN 之间的信道系数, h_{ru_i} 是 MRN 与第 i 个用户之间的信道系数, p_r 是移动中继的发送功率, 式 (6) 中的第一项表示回程链路的容量, 第二项表示接入链路的容量, 系数 $1/2$ 代表 MRN 辅助传输模式占用的有效传输周期 (一个时隙) 为直接传输模式 (两个时隙) 的一半。

[0038] 基站与第 i 个用户的直接链路, 基站与对应 MRN 间的回程链路以及该 MRN 与第 i 个用户间的接入链路信道系数分别建模如下:

$$[0039] \quad h_{su_i} = \Gamma_{su_i} \sqrt{\beta d_{su_i}^{-\alpha} \gamma_{su_i} \varepsilon} \quad (7)$$

$$[0040] \quad h_{sr} = \Gamma_{sr} \sqrt{\beta d_{sr}^{-\alpha} \gamma_{sr}} \quad (8)$$

$$[0041] \quad h_{ru_i} = \sqrt{\kappa} \quad (9)$$

[0042] 其中, Γ_{su_i} 和 Γ_{sr} 为复高斯系数, 分别表示直接链路, 回程链路的瑞利小尺度衰落。大尺度衰落信道特性参数参考城市微小区非视距场景下的空间信道模型, α 是路径损耗指数, β 是路径损耗常数, d_{su_i} 表示基站与第 i 个用户间的距离, d_{sr} 表示基站与对应 MRN 间的距离, γ_{su_i} 和 γ_{sr} 是阴影衰落系数, 服从对数标准正态分布。 κ 表示接入链路的信道系数, 由于第 i 个用户与服务该用户间的 MRN 间距离一般小于 5 米, 小于空间信道模型中定义的断点距离 (20 米), 并且接入链路总存在视距传输, 因此将 κ 假设为常数。考虑车体穿透损耗对系统容量性能的影响, 引入车体穿透系数 ε ($0 < \varepsilon \leq 1$), 为计算方便, 也常将其以分贝的形式表示为车体穿透损耗。

[0043] 用户采用直接传输模式时, 平均系统容量可表示为:

$$[0044] \quad \overline{C_{dt}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{dt_su_i} \quad (10)$$

[0045] 用户采用 MRN 辅助传输模式时, 平均系统容量可表示为:

$$[0046] \quad \overline{C_{MRN}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{MRN_su_i} \quad (11)$$

[0047] 在多移动中继辅助传输多用户系统中, 车厢内用户与基站存在直接传输和 MRN 辅助传输两种通信模式, 可进行传输模式选择, 提升系统平均容量。具体过程如下: 基站对基站收集所有用户回程链路, 接入链路以及直接链路的链路质量信息, 然后在基站计算出每个用户直接传输模式和 MRN 辅助传输模式下的链路容量, 最后基站为每个用户选择一个特定的传输模式使其获得更高的链路容量。

[0048] 令 U_{dt} 表示选择直接传输模式的用户集合, U_{MRN} 表示选择 MRN 辅助传输模式的用户集合。当第 i 个用户采用直接传输模式时的链路容量高于 MRN 辅助传输模式时, 将第 i 个用户纳入集合 U_{dt} , 反之, 将其纳入集合 U_{MRN} , U_{dt} 、 U_{MRN} 分别定义如下:

$$[0049] \quad U_{dt} = \{u_i | C_{dt_su_i} > C_{MRN_su_i}\} \quad (12)$$

$$[0050] \quad U_{MRN} = \{u_i | C_{dt_su_i} \leq C_{MRN_su_i}\} \quad (13)$$

[0051] 其中, $\dim\{U_{dt}\} = N_1$, $\dim\{U_{MRN}\} = N_2$, $\dim\{\cdot\}$ 表示一个集合的维度, 易知,

[0052] $N_1 + N_2 = N$ 。进行传输模式选择后, 此时系统的平均容量可表示为:

$$[0053] \quad \bar{C} = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^{N_1} C_{dt_su_i} + \sum_{j=1}^{N_2} C_{MRN_su_j} \right) \quad (14)$$

[0054] 对于多移动中继辅助传输多用户系统, 在基站处总是对所有用户进行平均功率分配, 鉴于此, 本专利在传输模式选择的基础上, 提出了一种混合功率分配方法以最大化平均系统容量。图 3 给出了完整的混合功率分配方法流程图, 即在小区内用户经过传输模式选择被分入 U_{dt} 和 U_{MRN} 两个集合后, 对分入集合 U_{dt} 中采用直接传输模式的用户实施注水功率分配方法, 对分入集合 U_{MRN} 中采用 MRN 辅助传输模式的用户依旧采用平均功率分配方法, 从而在基站发射总功率受限的情况下, 最大化平均系统容量。

[0055] 在进行传输模式选择后, 选择直接传输模式的用户被归入集合 U_{dt} , 选择 MRN 辅助传输模式的用户被归入集合 U_{MRN} , 基站总的发射功率为 P_s , 则所有用户发射功率和应满足如下条件:

$$[0056] \quad \sum_{i=1}^{N_1} p_i + \sum_{j=1}^{N_2} p_j \leq P_s \quad (15)$$

[0057] 对于集合 U_{MRN} 中的用户采用平均功率分配方法, 则集合 U_{MRN} 中第 j 个用户分配到的发射功率可表示为:

$$[0058] \quad p_j = \frac{P_s}{N} \quad (16)$$

[0059] 因此, 集合 U_{dt} 中所有直接传输用户的总发射功率受限于:

$$[0060] \quad \sum_{i=1}^{N_1} p_i \leq \frac{N_1}{N} P_s \quad (17)$$

[0061] 对集合 U_{dt} 中用户进行功率分配的目标是使集合 U_{dt} 中所有用户的链路容量和最大, 则目标函数为:

$$[0062] \quad \max_{C_{dt_su_i}} \sum_{i=1}^{N_1} C_{dt_su_i} \quad (18)$$

$$[0063] \quad \text{subject to: } 1) \sum_{i=1}^{N_1} p_i \leq \frac{N_1}{N} P_s, 1 \leq N_1 \leq N$$

$$[0064] \quad 2) C_{dt_su_i} = \log_2 \left(1 + \frac{|h_{su_i}|^2 p_i}{\sigma^2} \right) \quad (19)$$

$$[0065] \quad 3) p_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, N_1$$

[0066] 为解决上式所示的最优化问题, 引入拉格朗日乘子 λ ($\lambda \geq 0$), 拉格朗日函数 $L(p_i, \lambda)$ 可表示为:

$$\begin{aligned}
L(p_i, \lambda) &= \sum_{i=1}^{N_1} \log_2 \left(1 + \frac{|h_{su_i}|^2 p_i}{\sigma^2} \right) + \lambda \left(\frac{N_1}{N} P_s - \sum_{i=1}^{N_1} p_i \right) \\
&= \sum_{i=1}^{N_1} \left(\log_2 \left(1 + \frac{|h_{su_i}|^2 p_i}{\sigma^2} \right) - \lambda p_i \right) + \frac{\lambda N_1}{N} P_s
\end{aligned} \tag{20}$$

当目标函数取得最优值时,式(20)中拉格朗日函数 $L(p_i, \lambda)$ 对 p_i 求导的值等于零,由此可得:

$$\frac{dL}{dp_i} = \frac{1}{\ln 2} \sum_{i=1}^{N_1} \frac{|h_{su_i}|^2}{\sigma^2 + |h_{su_i}|^2 p_i} - \lambda = 0 \tag{21}$$

令 $\eta = \frac{1}{\lambda \ln 2}$, 则由式(21)可进一步推导出:

$$p_i = \left[\eta - \frac{\sigma^2}{|h_{su_i}|^2} \right]^+, i = 1, 2, \dots, N_1 \tag{22}$$

其中, $[x]^+ \triangleq \max\{x, 0\}$, η 表示注水功率门限,在确定 η 的值后,可计算出最佳功率分配 p_i ,为能够更快地确定注水门限 η ,本专利采用快速迭代法。在每次迭代时, η 更新为:

$$\eta \leftarrow \eta + \frac{\delta}{N_1} \left[\frac{N_1}{N} P_s - \sum_{i=1}^{N_1} p_i \right] \tag{23}$$

其中, $0 < \delta < 1$ 是迭代步长, η 的初始值 η_0 为:

$$\eta_0 = \frac{1}{N_1} \left[\frac{N_1}{N} P_s + \sum_{i=1}^{N_1} \frac{\sigma^2}{|h_{su_i}|^2} \right] \tag{24}$$

上式可令式(22)在 $\sum_{i=1}^{N_1} p_i = \frac{N_1}{N} P_s$ 的条件下得到。

为了通过仿真评估对比本发明的模式选择方法与传统单一传输模式方法的系统性能,假设系统为一个蜂窝小区,它包括一个基站设备和若干辆有部署 MRN 的公交车辆。基站位于小区中心,覆盖半径为 R ,小区内总用户数为 N ,用户随机分布在每辆车上。假设终端用户在小区内随机均匀分布,基于蒙特卡罗方法仿真得到系统平均容量性能。

实施例 1:基于不同 VPL 参数的两种传输模式场景

在多移动中继辅助传输多用户系统中,小区半径设为 1000 米,基站总的发射功率为 24dBm,MRN 和用户端接收机的噪声系数为 9dB,接入链路信道系数 κ 设为 0.99。如图 4 所示,总用户数为 $N = 100$,多用户移动中继通信系统中,直接传输模式和 MRN 辅助传输模式下的平均系统容量随 VPL 的变化曲线如图所示。所有用户采用直接传输模式获得的平均系统容量不断降低,而所有用户采用 MRN 辅助传输模式时获得的平均系统容量则不随 VPL 改

变,说明 MRN 辅助传输模式不受 VPL 变化的影响,MRN 辅助传输模式是一种提升通信质量的有效方式。

[0080] 实施例 2 :基于不同传输模式选择的多用户场景

[0081] 在多移动中继辅助传输多用户系统中,小区半径设为 1000 米,基站总的发射功率为 24dBm,小区内总用户数 N 范围为 $[20, 200]$, VPL 为 20dB。如图 5 所示,为本发明多用户移动中继通信系统中,采用单一直接传输或 MRN 辅助传输模式及模式选择方法下的平均系统容量随着小区用户数的变化曲线。三种模式下,平均系统容量均随着用户数目的增多而逐渐降低,因为基站的最大发送功率受限,单个用户分配到的发送功率随着用户数目的增大而减小,在其他条件不变的情况下,导致单个用户的链路容量降低。同时,模式选择方法的容量性能要始终优于两种单一传输模式下的容量性能。

[0082] 实施例 3 :基于不同 VPL 参数的不同功率分配方法的多用户场景

[0083] 在多移动中继辅助传输多用户系统中,小区半径设为 1000 米,基站总的发射功率为 24dBm,小区内总用户数 N 范围 $[20, 200]$, VPL 分别为 20dB 和 25dB。如图 6 所示,多用户移动中继通信系统中,采用传输模式选择配合平均功率分配方法,以及采取混合功率分配方法的平均系统容量性能随着小区用户数的变化曲线如图所示。整个系统而言,随着 VPL 的增大,更多的发送功率消耗在 VPL 上,导致混合功率分配方法对平均系统容量的提升作用减小。两种 VPL 情况下,相比于传输模式选择配合平均功率分配方法,混合功率分配方法能有效提高平均系统容量,混合功率分配方法对采用直接传输模式的进行了注水功率分配,实现了直接传输模式用户链路容量和的最大化。

[0084] 尽管本发明就优选实施方式进行了示意和描述,但本领域的技术人员应当理解,只要不超出本发明的权利要求所限定的范围,可以对本发明进行各种变化和修改。

权 利 要 求 书

1. 一种多用户移动中继通信系统的功率分配方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 设置小区基站覆盖半径为 R , 基站位于小区中心, 小区内总用户数为 N ;

(2) 小区内设置 n 辆部署移动中继节点的公交车辆, 用户随机分布在每辆车上, 各车上用户数为 $N_k (k = 1, 2, \dots, n)$;

(3) 采用混合功率分配方法, 对选择 MRN 模式辅助传输模式的用户采用平均功率分配方法, 对选择直接传输模式的用户采用注水功率分配方法, 用户进行两种传输模式选择后,

所有用户发射功率的和满足 $\sum_{i=1}^{N_1} p_i + \sum_{j=1}^{N_2} p_j \leq P_s$, 其中基站总的发射功率为 P_s 。

2. 如权利要求 1 所述的多用户移动中继通信系统的功率分配方法, 其特征在于, 所述的直接传输模式下, 用户与基站直接进行通信, 基站在整个传输周期内向用户发送信号, 信号需要穿透车体才能到达用户, 经历车体穿透损耗。

3. 如权利要求 2 所述的多用户移动中继通信系统的功率分配方法, 其特征在于, 在直接传输模式下, 第 i 个用户接收信号为 $y_{su_i} = h_{su_i} \sqrt{p_i} x_{su_i} + n_{u_i}$, 其中 h_{su_i} 是基站与第 i 个用户之间的信道系数, p_i 是基站分配到第 i 个用户的发送功率, x_{su_i} 是归一化的发送数据符号, n_{u_i} 为均值为零, 方差为 σ^2 的加性高斯白噪声, 则第 i 个用户的直接传输时的链路容量为

$$C_{dt_su_i} = \log_2 \left(1 + \frac{|h_{su_i}|^2 p_i}{\sigma^2} \right), \text{ 平均系统容量为 } \overline{C}_{dt} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{dt_su_i}.$$

4. 如权利要求 1 所述的多用户移动中继通信系统的功率分配方法, 其特征在于, 所述的 MRN 模式辅助传输模式下, 用户通过 MRN 辅助与基站进行通信, 采用时分复用方式, 将一个传输周期划分为两个连续的等长时隙, 在第二个时隙, MRN 通过接入链路将从基站接收的数据转发给用户。

5. 如权利要求 4 所述的多用户移动中继通信系统的功率分配方法, 其特征在于, 在 MRN 模式辅助传输模式下, 链路容量取回程链路容量和接入链路容量中的较小值, 第 i 个用户的

MRN 传输时的链路容量为 $C_{MRN_su_i} = \frac{1}{2} \min \left\{ \log_2 \left(1 + \frac{|h_{sr}|^2 p_i}{\sigma^2} \right), \log_2 \left(1 + \frac{|h_{ru_i}|^2 p_r}{\sigma^2} \right) \right\}$, 其中, h_{sr}

是基站与 MRN 之间的信道系数, h_{ru_i} 是 MRN 与第 i 个用户之间的信道系数, p_r 是移动中继的发送功率, $1/2$ 代表 MRN 辅助传输模式占用的有效传输周期一个时隙为直接传输模式两个

时隙的一半, 平均系统容量为 $\overline{C}_{MRN} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{MRN_su_i}$ 。

6. 如权利要求 1 所述的多用户移动中继通信系统的功率分配方法, 其特征在于, 在混合功率分配方法下, U_{dt} 表示为选择直接传输模式的用户集合, U_{MRN} 表示为选择 MRN 辅助传输模式的用户集合, 当第 i 个用户采用直接传输模式时的链路容量高于 MRN 辅助传输模式时, 将第 i 个用户纳入集合 U_{dt} , 反之, 将其纳入集合 U_{MRN} , 平均系统容量为

$$\overline{C} = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^{N_1} C_{dt_su_i} + \sum_{j=1}^{N_2} C_{MRN_su_j} \right), \text{ 其中 } \dim\{U_{dt}\} = N_1, \dim\{U_{MRN}\} = N_2, \text{ 总用户数 } N = N_1 + N_2.$$

7. 如权利要求 1 所述的多用户移动中继通信系统的功率分配方法,其特征在于,对选择 MRN 辅助传输模式的用户采用平均功率分配方法,集合 U_{MRN} 中第 j 个用户分配的功率为

$$p_j = \frac{P_s}{N}。$$

8. 如权利要求 1 所述的多用户移动中继通信系统的功率分配方法,其特征在于,对选择直接传输模式的用户采用注水功率分配方法,集合 U_{dt} 内第 i 个用户最佳分配功率为 p_i 。

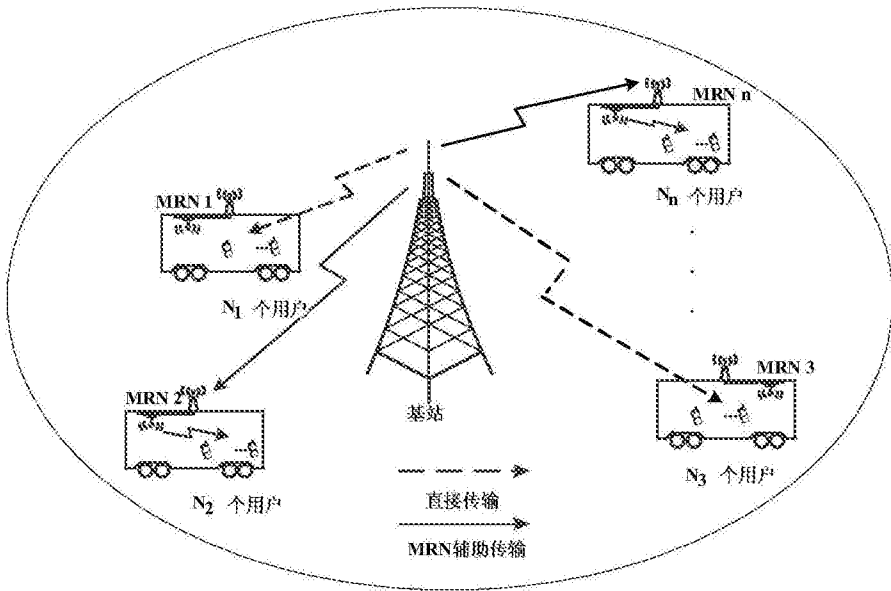


图 1

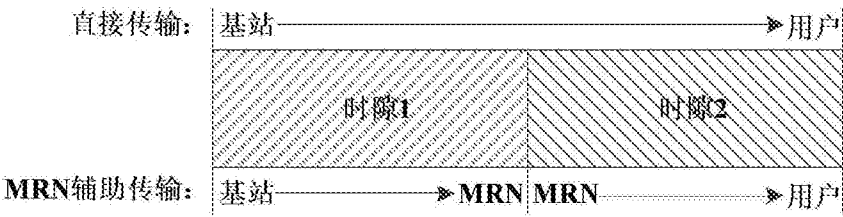


图 2

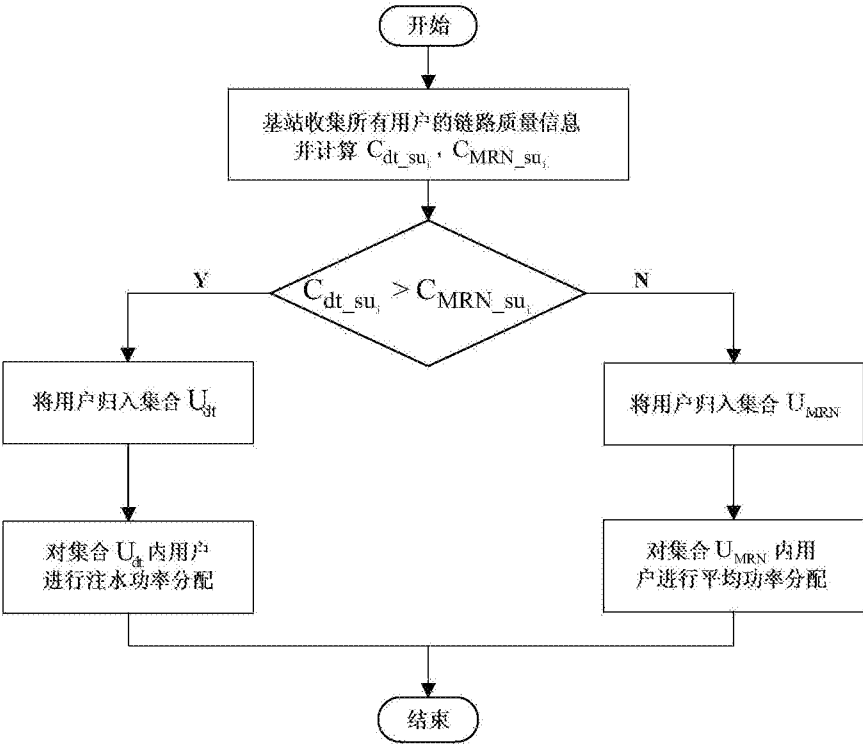


图 3

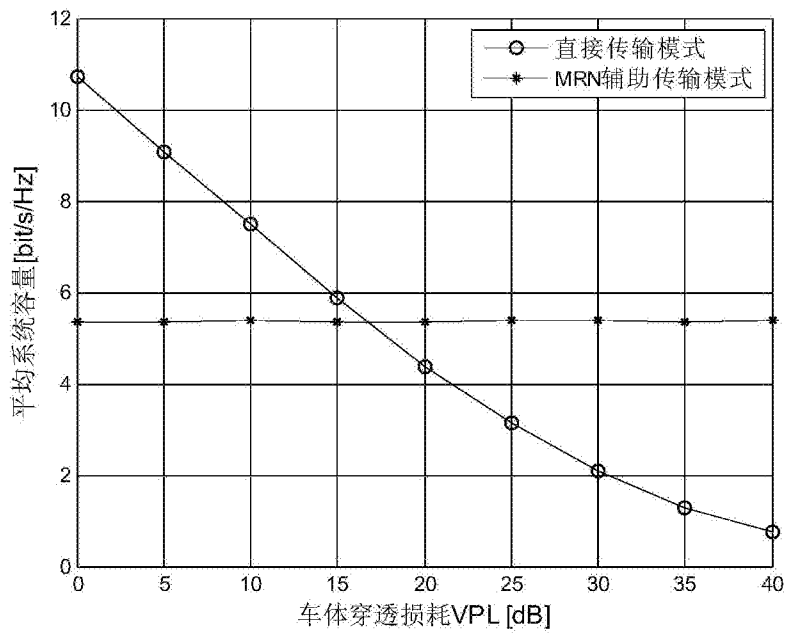


图 4

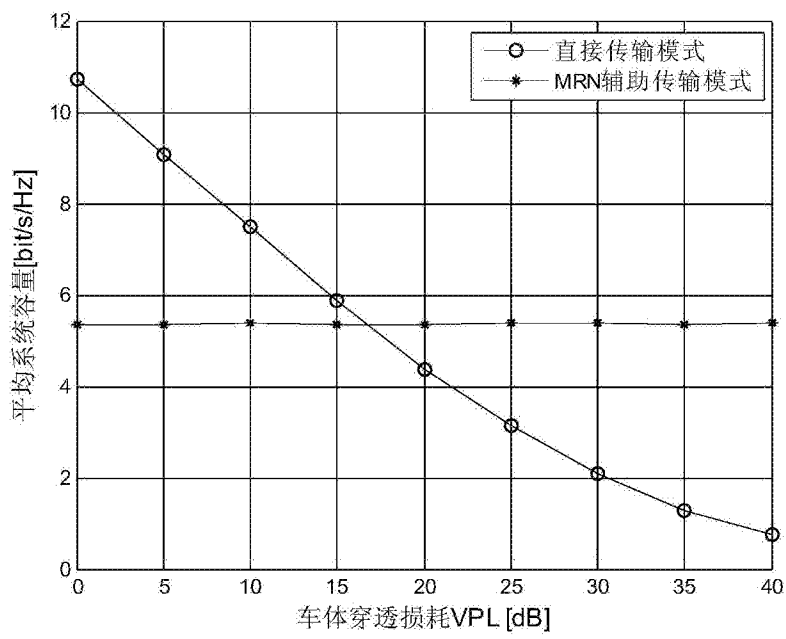


图 5

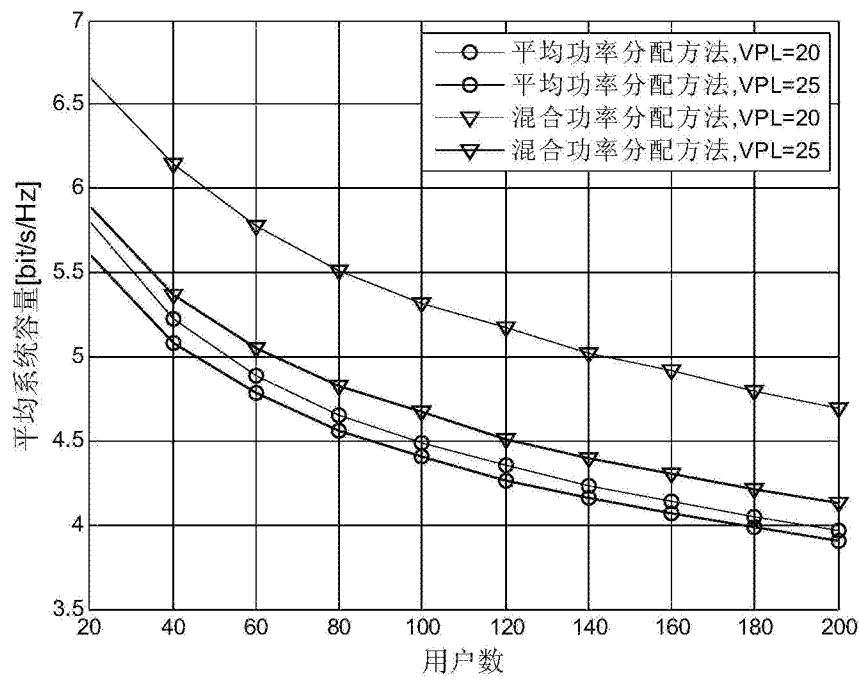


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/084994

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 52/30 (2009.01) i; H04W 52/46 (2009.01) 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)

H04W; H04Q

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)

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: water injection wait public MRN MOBILE RELAY NODE BS BASE STATION POWER WATER FILLING INJECT+ AVERAGE ALGORITHM HYBRID DISTRIBU+ VEHICLE BUS AUTO TRAIN RAIL

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104981009 A (SOUTHEAST UNIVERSITY), 14 October 2015 (14.10.2015), claims 1-8	1-8
Y	CN 103974374 A (CHINA MOBILE COMMUNICATIONS CORPORATION), 06 August 2014 (06.08.2014), description, paragraphs [0003]-[0007] and [0065]-[0086]	1-8
Y	CN 102164371 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 24 August 2011 (24.08.2011), description, paragraphs [0019]-[0037]	1-8
A	CN 104486837 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 01 April 2015 (01.04.2015), the whole document	1-8
A	US 2015/0043419 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSONPUBL), 12 February 2015 (12.02.2015), the whole document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 01 August 2016 (01.08.2016)	Date of mailing of the international search report 26 August 2016 (26.08.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Tingting Telephone No.: (86-10) 61648276

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/084994

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104981009 A	14 October 2015	None	
CN 103974374 A	06 August 2014	None	
CN 102164371 A	24 August 2011	None	
US 2015/0043419 A1	12 February 2015	WO 2015022628 A2	19 February 2015
		EP 3033839 A2	22 June 2016
		CN 105765877 A	13 July 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/084994

A. 主题的分类

H04W 52/30(2009.01)i; H04W 52/46(2009.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04W; H04Q

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: 注水 平均 等 混合 功率 分配 算法 移动 中继 节点 公交 公共 车 MRN MOBILE RELAY NODE
BS BASE STATION POWER WATER FILLING INJECT+ AVERAGE ALGORITHM HYBRID DISTRIBUTION+ VEHICLE BUS AUTO TRAIN RAIL

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104981009 A (东南大学) 2015年 10月 14日 (2015 - 10 - 14) 权利要求1-8	1-8
Y	CN 103974374 A (中国移动通信集团公司) 2014年 8月 6日 (2014 - 08 - 06) 说明书第[0003]-[0007]、[0065]-[0086]段	1-8
Y	CN 102164371 A (哈尔滨工业大学) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 说明书第[0019]-[0037]段	1-8
A	CN 104486837 A (清华大学) 2015年 4月 1日 (2015 - 04 - 01) 全文	1-8
A	US 2015/0043419 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSONPUBL) 2015年 2月 12日 (2015 - 02 - 12) 全文	1-8

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 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

“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

国际检索实际完成的日期

2016年 8月 1日

国际检索报告邮寄日期

2016年 8月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

李婷婷

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)61648276

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2016/084994

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)
CN	104981009	A	2015年 10月 14日	无			
CN	103974374	A	2014年 8月 6日	无			
CN	102164371	A	2011年 8月 24日	无			
US	2015/0043419	A1	2015年 2月 12日	WO	2015022628	A2	2015年 2月 19日
				EP	3033839	A2	2016年 6月 22日
				CN	105765877	A	2016年 7月 13日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)