



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107071713 B

(45)授权公告日 2019. 11. 15

(21)申请号 201710406038.2

H04W 40/12(2009.01)

(22)申请日 2017.06.01

H04W 40/22(2009.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107071713 A

(56)对比文件

CN 105554816 A, 2016.05.04,

US 2015215767 A1, 2015.07.30,

(43)申请公布日 2017.08.18

陈卓等. 基于D2D 中继的异构网络负载均衡策略.《中兴通讯技术》.2015, 第21卷(第1期), 第34-38页.

(73)专利权人 中国人民解放军理工大学  
地址 210007 江苏省南京市后标营路88号

许腾驹等. 异构网络下基于D2D通信机制的负载均衡策略.《计算机工程与设计》.2017, 第38卷(第1期), 第12-17页.

(72)发明人 董超 秦恒加 米志超 于卫波  
张磊 李艾静

秦恒加等. Android多跳D2D通信系统的实现与优化.《计算机科学》.2017, 第44卷(第2期), 第135-139页.

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心  
32203

代理人 吴茂杰

审查员 张岩子

(51)Int. Cl.

H04W 4/70(2018.01)

H04W 28/08(2009.01)

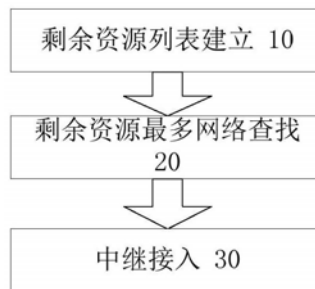
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法

(57)摘要

本发明公开一种基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法,包括如下步骤:(10)剩余资源列表建立:蜂窝网络基站请求所有微蜂窝网络上上传剩余资源情况,并建立剩余资源列表;(20)剩余资源最多网络查找:蜂窝网络基站根据剩余资源列表,寻找剩余资源最多的微蜂窝网络;(30)中继接入:根据连接请求节点与剩余资源最多的微蜂窝网络中自由节点的中继链路质量,选择链路质量最好的中继链路进行中继接入。本发明的基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法,使存在用户集中分布的蜂窝异构网络保持负载均衡。



1. 一种基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法,包括如下步骤:

(10) 剩余资源列表建立:蜂窝网络基站请求所有微蜂窝网络上传剩余资源情况,并建立剩余资源列表;

(20) 剩余资源最多网络查找:蜂窝网络基站根据剩余资源列表,寻找剩余资源最多的微蜂窝网络;

(30) 中继接入:根据连接请求节点与剩余资源最多的微蜂窝网络中自由节点的中继链路质量,选择链路质量最好的中继链路进行中继接入;

所述(20) 剩余资源最多网络查找步骤包括:

(21) 剩余资源列表判断:判断剩余资源列表 $L_x$ 是否为空,如是,则转至(22)无法接入提示步骤;否则,找到剩余资源最多的微蜂窝网络 $PBS_i$ ;

(22) 无法接入提示:发现连接请求节点 $x$ 无法接入蜂窝网络的提示,转至(10) 剩余资源列表建立步骤;

其特征在于,(30) 中继接入步骤包括:

(31) 主链路质量评估:对于任意处于剩余资源最多的微蜂窝网络 $PBS_i$ 覆盖范围内的自由节点 $N_i$ ,如果连接请求节点 $x$ 与 $N_i$ 间的通信距离小于 $d_{2d}$ 通信距离,则根据链路数据发送率,评估连接请求节点 $x$ 与自由节点 $N_i$ 间的主中继链路质量;

(32) 主链路中继接入:如果在所有潜在的中继链路中不存在中继链路满足网络阈值 $C_{th}$ ,则转至(33) 步骤;否则,连接请求节点 $x$ 选择链路质量最好的中继链路进行中继接入;

(33) 副链路质量评估:对于同处于剩余资源最多的微蜂窝网络 $PBS_i$ 覆盖范围内的另一任意自由节点 $N_j$ ,如果其处于自由节点 $N_i$ 的 $d_{2d}$ 通信覆盖范围内,且与连接请求节点 $x$ 间的通信距离小于 $d_{2d}$ 通信距离,则根据链路数据发送率,评估连接请求节点 $x$ 与 $N_i$ 间的副中继链路质量;

(34) 副链路中继接入:如果在所有潜在的中继链路中不存在中继链路满足网络阈值 $C_{th}$ ,蜂窝网络基站将剩余资源最多的微蜂窝网络 $PBS_i$ 从剩余资源列表 $L_x$ 中删除,并转至(20) 剩余资源最多网络查找步骤;否则,连接请求节点 $x$ 选择链路质量最好的中继链路进行中继接入。

## 基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于蜂窝异构网络数据传输技术领域,特别是一种使存在用户集中分布的蜂窝异构网络负载均衡的基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法。

### 背景技术

[0002] 移动流量转运是指利用多种无线通信技术来传输应由蜂窝网络进行传输的流量数据,以此来降低蜂窝网络的负载、提升网络关键性能。在蜂窝自组织异构网络中,运营商常常将多种网络覆盖范围较小的微蜂窝网络(比如:Pico cell和Femo cell等等)部署在传统的蜂窝网络(Macro cell)内来提高区域内的频谱利用效率,缓解热点区域的流量压力并提升终端用户体验。但是由于用户时间和空间的随机分布,会导致网络负载不均衡的情况发生,这种情况下可以利用基于D2D通信的移动流量转运技术来实现网络负载均衡。

[0003] 如果用户只需要内容共享、多人游戏等流量无需要经过基站或者核心网络的应用服务,则可以考虑用户间直接通过D2D通信技术进行流量转运,提升服务体验。但是这种流量转运策略的缺陷在于它只能实现用户间的流量转运,无法实现微蜂窝网络间的流量转运。当用户有接入网络的需求时,这种策略无法满足终端用户的需求。此时可以考虑利用D2D通信技术进行网络中继接入,使用户接入还有剩余资源的微蜂窝网络,获取网络资源。

[0004] 目前相关研究中的流量转运技术多基于单跳D2D通信。而单跳D2D通信的通信距离十分有限,比较适用于网络中用户均匀分布或者服从某一特定分布的网络场景[1][2][3]。但是在许多蜂窝异构网络的应用场景中,用户并不都是均匀分布的,而是较集中地分布在某些热点区域内,其它区域分布则较少(比如:商场、教学楼和报告厅等等)。对于这样的场景而言,集中分布在热点区域的用户如果只使用基于单跳D2D通信的流量转运技术,那么不仅用户间会存在很大的接入竞争,而且许多用户将无法中继到热点区域外的空闲微蜂窝网络。

[0005] 因此,现有技术存在的问题是:对于网络内存在用户集中分布(热点区域)的异构蜂窝网络场景,基于单跳D2D通信的流量转运会导致用户间存在很大的接入竞争,网络负载不均衡。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法,使存在用户集中分布的蜂窝异构网络保持负载均衡。

[0007] 实现本发明目的的技术解决方案为:

[0008] 一种基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法,包括如下步骤:

[0009] (10) 剩余资源列表建立:蜂窝网络基站请求所有微蜂窝网络上传剩余资源情况,并建立剩余资源列表;

[0010] (20) 剩余资源最多网络查找:蜂窝网络基站根据剩余资源列表,寻找剩余资源最多的微蜂窝网络;

[0011] (30) 中继接入:根据连接请求节点与剩余资源最多的微蜂窝网络中自由节点的中继链路质量,选择链路质量最好的中继链路进行中继接入。

[0012] 本发明与现有技术相比,其显著优点为:

[0013] 使存在用户集中分布的蜂窝异构网络保持负载均衡。

[0014] 本发明针对蜂窝异构网络中由于用户存在集中分布而导致网络负载不均衡的问题提出利用多跳D2D通信技术进行流量中继转运,在进行D2D中继路径选择时以微蜂窝剩余资源和网络链路质量作为中继路径的联合选择标准。通过应用该方法,能够使用户优先中继接入剩余资源更多的微蜂窝来减少用户对处于热点区域内微蜂窝资源的抢占,降低用户间的中继接入冲突。通过实验表明,与传统的蜂窝异构网络模式(无流量转运策略)和以距离作为中继选路标准的方法相比,本发明在保证用户服务质量的前提下,能够进一步增加系统的总体吞吐量和用户接入率。

[0015] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细描述。

## 附图说明

[0016] 图1为本发明基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法的主流程图。

[0017] 图2为图1中剩余资源最多网络查找步骤的流程图。

[0018] 图3为图1中中继接入步骤的流程图。

[0019] 图4为蜂窝异构网络模型配置图。

## 具体实施方式

[0020] 如图1所示,本发明基于多跳D2D通信的蜂窝网络流量转运方法,包括如下步骤:

[0021] (10) 剩余资源列表建立:蜂窝网络基站请求所有微蜂窝网络上传剩余资源情况,并建立剩余资源列表;

[0022] 本发明中的基于多跳D2D通信的中继流量转运蜂窝异构系统模型配置描述如下:网络中共包含两种不同类型的网络,分别是传统的蜂窝网络和M个网络覆盖范围较小的微蜂窝网络(即Pico cell)。蜂窝网络和微蜂窝网络具有不同的可用频谱资源数量,且在系统进行初始化设定后网络总体可用频谱资源数量不再变化。网络中的微蜂窝网络定时向蜂窝网络上传其剩余资源情况,蜂窝网络将所有微蜂窝网络的剩余资源信息以列表的形式进行存储,并根据上传的情况及时更新。网络中不均匀地分布着N个用户,每个用户都以相同的概率向网络发出连接请求并且对网络的服务质量具有基本的要求。在蜂窝网络覆盖范围内存在热点区域,用户会根据实际的主观需求而集中分布在热点区域,导致热点区域的网络负载较高,本发明将处于热点区域的微蜂窝网络记为 $\eta$ 。在热点区域外,用户分布较分散,网络负载较低。假设蜂窝网络已经处于满载状态,无剩余资源提供给用户接入网络,而存在微蜂窝网络还有剩余资源。终端用户如果距离处于D2D通信的覆盖范围内,那么彼此可以建立D2D通信链路进行流量转运。D2D通信由蜂窝网络控制,通信资源使用蜂窝网络资源。网络内共包含蜂窝网络通信、微蜂窝网络通信、中继节点和微蜂窝网络通信以及D2D通信等不同的通信模式,其中D2D通信使用上行链路进行数据传输,网络中的干扰也是这四种通信模式之间产生的干扰。蜂窝用户以及微蜂窝用户都在OFDMA模式下工作,相同网络内的用户使用正交信道,因此相互之间无干扰。此外,考虑到无线信道的衰落特性,相比于单跳D2D通信,多

跳D2D通信的交付率与时延等性能都会有所下降,因此为保证服务质量,本发明考虑用户在利用多跳D2D通信技术进行流量转运时,最大的D2D通信跳数不超过两跳。

[0023] (20) 剩余资源最多网络查找:蜂窝网络基站根据剩余资源列表,寻找剩余资源最多的微蜂窝网络;

[0024] 如图2所示,所述(20) 剩余资源最多网络查找步骤包括:

[0025] (21) 剩余资源列表判断:判断剩余资源列表 $L_x$ 是否为空,如是,则转至(22) 无法接入提示步骤;否则,找到剩余资源最多的微蜂窝网络 $PBS_i$ ;

[0026] (22) 无法接入提示:发现连接请求节点 $x$ 无法接入蜂窝网络的提示,转至(10) 剩余资源列表建立步骤。

[0027] (30) 中继接入:根据连接请求节点与剩余资源最多的微蜂窝网络中自由节点的中继链路质量,选择链路质量最好的中继链路进行中继接入。

[0028] 如图3所示,所述(30) 中继接入步骤包括:

[0029] (31) 主链路质量评估:对于任意处于剩余资源最多的微蜂窝网络 $PBS_i$ 覆盖范围内的自由节点 $N_i$ ,如果连接请求节点 $x$ 与 $N_i$ 间的通信距离小于 $d_{2d}$ 通信距离,则根据链路数据发送率,评估连接请求节点 $x$ 与自由节点 $N_i$ 间的主中继链路质量;

[0030] (32) 主链路中继接入:如果在所有潜在的中继链路中不存在中继链路满足网络阈值 $C_{th}$ ,则转至(33) 步骤;否则,连接请求节点 $x$ 选择链路质量最好的中继链路进行中继接入;

[0031] (33) 副链路质量评估:对于同处于剩余资源最多的微蜂窝网络 $PBS_i$ 覆盖范围内的另一任意自由节点 $N_j$ ,如果其处于自由节点 $N_i$ 的 $d_{2d}$ 通信覆盖范围内,且与连接请求节点 $x$ 间的通信距离小于 $d_{2d}$ 通信距离,则根据链路数据发送率,评估连接请求节点 $x$ 与 $N_i$ 间的副中继链路质量;

[0032] (34) 副链路中继接入:如果在所有潜在的中继链路中不存在中继链路满足网络阈值 $C_{th}$ ,蜂窝网络基站将剩余资源最多的微蜂窝网络 $PBS_i$ 从剩余资源列表 $L_x$ 中删除,并转至(20) 剩余资源最多网络查找步骤;否则,连接请求节点 $x$ 选择链路质量最好的中继链路进行中继接入。

[0033] 图4为蜂窝异构网络模型配置图。在蜂窝异构网络中,网络服务质量是所有用户的一个重要关注点。在本发明所考虑的蜂窝异构系统模型中,当网络内的用户通过D2D中继来接入微蜂窝网络时,为了保证用户的网络服务质量,用户所选择的中继链路可达数据发送率必须要高于网络规定的阈值。将中继链路 $L_i$ 的路径中继节点数定义为 $R_N$ ,将 $L_i$ 的可达数据

传输率定义为 $C_{L_i}$ 。对于任意微蜂窝网络 $PBS_i$ 而言,其资源利用率为 $\alpha_{PBS}^i = \frac{R_{allocate}}{R_{total}}$ ,其中

$R_{allocate} = R_{1te} + R_{d2d}$ 为 $PBS_i$ 已分配(被占用)的频谱资源, $R_{1te}$ 表示微蜂窝网络用户占用的微蜂窝网络 $PBS_i$ 频谱资源, $R_{d2d}$ 表示用户通过D2D模式接入微蜂窝网络 $PBS_i$ 所占用的频谱资源; $R_{total}$ 表示微蜂窝网络 $PBS_i$ 全部可用的频谱资源。基于以上定义,蜂窝网络负载均衡问题就可以模型化描述为在链路数据发送率 $C_{th}$ 约束条件下通过最佳的多跳D2D(最大跳数为两跳)中继选择方法使网络内所有微蜂窝资源利用率总和实现最大化的问题,优化目标表达式如下:

$$[0034] \quad \max \sum_{i \in M} (\alpha_{PBS}^i)$$

[0035] s. t.

$$[0036] \quad R_{allocate} \leq R_{total}$$

$$[0037] \quad R_{1te}, R_{d2d} \in \{0, 1, 2, \dots, R_{total}\}$$

$$[0038] \quad R_N \in \{1, 2\}$$

$$[0039] \quad C_{Li} \geq C_{th}$$

[0040] 第一个约束条件为使得PBS被占用的频谱资源数小于PBS频谱资源总数。第二个约束条件表明 $R_{1te}, R_{d2d}$ 均为0至 $R_{total}$ 区间内的非负整数。第三个约束条件指明网络内中继链路的D2D跳数最大为两跳。最后一个约束条件使得所有用户选择的中继链路数据发送率必须大于网络阈值,以保证用户的QoE。

[0041] 对于数据的传输损耗,本发明综合考虑了路径损耗和阴影衰落这两个因素。路径损耗采用基于传输距离的路径损耗模型,对于采用蜂窝和微蜂窝模式通信的用户而言,其路径损耗为: $L(d) (dB) = 40.9 + 37.61 \lg(d) + 26.1 \lg(f_c/5)$ ,其中 $d$ 为用户到对应基站的距离, $f_c$ 为载波频率。对于采用D2D中继通信的用户而言,D2D通信间的路径损耗为: $L(d) (dB) = 79 + 40.1 \lg(d) + 30.1 \lg(f_c)$ ,其中 $d$ 为D2D用户间距离, $f_c$ 为载波频率。对于阴影衰落,本文所应用的是典型的对数正态阴影衰落模型: $x = A * r_1 + B * r_2$ ,其中 $A$ 和 $B$ 为相关系数, $r_1$ 和 $r_2$ 为标准高斯变量,阴影衰落的标准差为10dBm。

[0042] 为了保证网络的服务质量,只有当节点的数据发送率大于给定的阈值时网络才认为中继链路满足要求,可以利用该链路中继接入网络。由香农定理可知网络中任意节点的可用数据传输率为:

$$[0043] \quad C_{max} = W * \log_2(1 + \gamma) \quad (1)$$

[0044] (1)式中 $W$ 为信道带宽, $\gamma$ 为信噪比。所设计的转运策略中节点通过中继接入网络的最大D2D通信跳数不超过两跳。假定存在用户A、用户B和用户C,其中用户A为发出连接请求的用户,并期望以D2D模式通过用户B和用户C的两跳中继来接入微蜂窝网络P,那么用户A在此中继链路上可达的数据传输率为:

$$[0045] \quad \max C_{Amax} = \min(W \log_2(1 + \gamma_B), W \log_2(1 + \gamma_C), W \log_2(1 + \gamma_{PBS})) \quad (2)$$

[0046] (2)式中 $\gamma_B$ 为用户B接收信号信噪比的值, $\gamma_C$ 为用户C接收信号信噪比的值,PBS表示微蜂窝网络P的基站,而 $\gamma_{PBS}$ 为PBS接收信号信噪比的值。而当用户A以D2D通信模式接入微蜂窝网络P时,用户B、用户C以及PBS分别收到的信号信噪比分别为:

$$[0047] \quad \gamma_{B,A} = \frac{P_A G_{A,B}}{S_B} \quad (3)$$

$$[0048] \quad \gamma_{C,B} = \frac{P_B G_{B,C}}{S_C} \quad (4)$$

$$[0049] \quad \gamma_{PBS,c} = \frac{P_C G_{C,PBS}}{S_{PBS}} \quad (5)$$

[0050] (3)、(4)和(5)式中的 $P_A, P_B$ 和 $P_C$ 分别表示蜂窝用户A、B以及微蜂窝用户C的发射功率, $G_{m,n}$ 和 $G_{m,PBS}$ 分别表示用户 $m$ 向用户 $n$ 进行数据传输时可获取的总信道增益以及用户 $m$ 到微蜂窝基站PBS间的总信道增益, $S_B, S_C$ 和 $S_{PBS}$ 分别表示用户A未接入网络时,蜂窝用户B、微蜂窝

用户C和PBS所收到的信号强度值。而 $S_B$ 、 $S_C$ 和 $S_{PBS}$ 分别为：

$$[0051] \quad S_B = N_0 + P_m G_{m,B} \quad (6)$$

$$[0052] \quad S_C = N_0 + P_m G_{m,c} + \sum_{p \in [1, F_p]} P_p G_{p,c} \quad (7)$$

$$[0053] \quad S_{PBS} = N_0 + P_m G_{m,PBS} + \sum_{p \in [1, F_p]} P_p G_{p,PBS} \quad (8)$$

[0054] (6)、(7)和(8)式中的 $N_0$ 表示高斯白噪声， $P_m$ 表示蜂窝网络用户对应的发射功率， $P_p$ 表示微蜂窝网络中用户对应的发射功率， $F_p$ 表示任意微蜂窝网络的可用频段数。基于以上表达式可以求得网络内任意一条中继链路的最大数据传输率 $\max C_{\max}$ 。

[0055] 虽然蜂窝网络已无剩余资源提供给用户接入网络，但是网络内的微蜂窝网络还有剩余资源。对于发出连接请求的用户而言，可以使用D2D技术进行中继，让其接入微蜂窝网络获取服务。本发明中的系统模型规定，所有还有剩余资源的微蜂窝网络如果收到用户的连接请求，则同意用户的接入请求。将集中分布于热点区域的可中继用户分为两类：第一类用户有能力通过D2D中继接入热点区域外较空闲的微蜂窝网络；第二类用户由于分布位置以及链路质量等因素无法通过D2D中继接入热点区域外的空闲微蜂窝网络，而只能中继接入处于热点区域内的微蜂窝网络 $\eta$ 。基于剩余资源的多跳D2D中继流量转运算法以网络微蜂窝的剩余资源作为D2D中继路径选择的第一标准，发出连接请求的用户按照所有微蜂窝剩余资源的多少来按序地尝试中继接入，而非优先选择距离用户最近的微蜂窝进行接入。即对于处于热点区域内的第一类用户而言，优先选择让其接入分布于热点区域外剩余资源最多的微蜂窝网络。这样可以尽量规避与第二类用户产生接入冲突，提高资源利用率。同时为保证用户的服务质量，在进行D2D中继路径选择时，网络内的节点需要对所有潜在的中继链路质量进行评估，把链路质量作为中继路径选择的第二标准。只有当中继链路的质量能够满足用户基本的需求时，节点才会选择链路质量最佳的路径进行中继接入，实现流量转运。

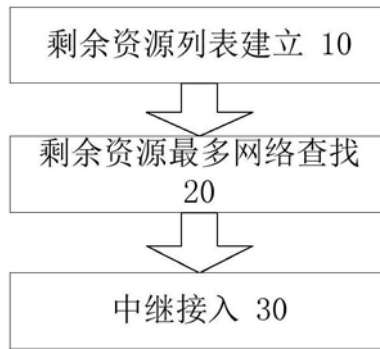


图1

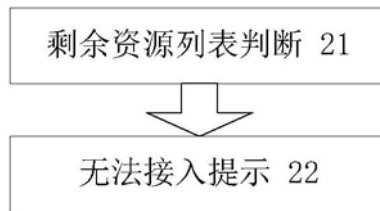


图2

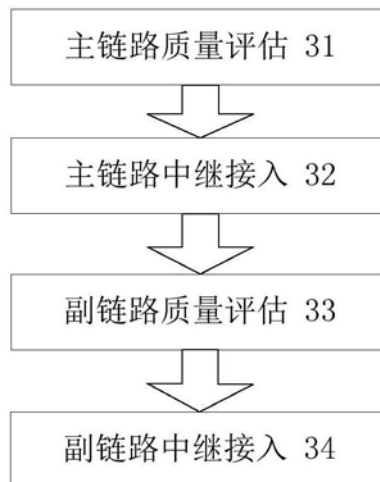


图3



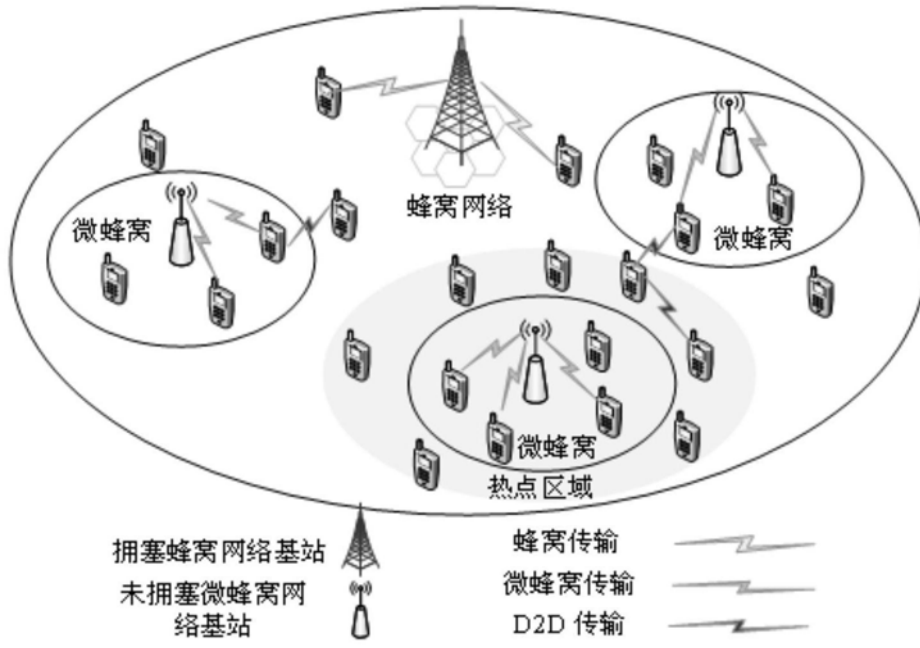


图4